

ميكروبيولوجيا الاراضى

دكتور
سعد على زكى محمود

مدرس البكتريولوجيا بكلية الزراعة
جامعة عين شمس
بكالوريوس في العلوم الزراعية
بكالوريوس في العلوم من جامعة انبيرة
دكتوراه في البكتريولوجيا من جامعة لينز

دكتور
صلاح الدين محمود طه

استاذ البكتريولوجيا بكلية الزراعة
جامعة عين شمس
دبلوم في العلوم الزراعية
بكالوريوس في العلوم من جامعة كاليفورنيا
ماجستير في الميكروبيولوجيا من جامعة كاليفورنيا
دكتوراه في البكتريولوجيا من جامعة منشجان

الطبعة الاولى - حقوق الطبع محفوظة للمؤلفين

توزيع : مكتبة عالم الكتب

٢٨ شارع عبد الخالق فروت - القاهرة

ميكروبيولوجيا الاراضى

دار الكتب والمكتبات القومية

مراقبة التوزيع عام

تم التبريد

الرقم الخامس

الف

دكتور
محمد على زكى محمود

دكتور
صلاح الدين محمود طه

مدرس البكتريولوجيا بكلية الزراعة
جامعة عين شمس
بكالوريوس في العلوم الزراعية
بكالوريوس في العلوم من جامعة ادنبرة
دكتوراه في البكتريولوجيا من جامعة لينز

استاذ البكتريولوجيا بكلية الزراعة
جامعة عين شمس
دبلوم في العلوم الزراعية
بكالوريوس في العلوم من جامعة كاليفورنيا
ماجستير في الميكروبيولوجيا من جامعة كاليفورنيا
دكتوراه في البكتريولوجيا من جامعة منشجان

الطبعة الاولى - حقوق الطبع محفوظة للمؤلفين

توزيع : مكتبة عالم الكتب

٢٨ شارع عبد الخالق ثروت - القاهرة

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مقدمة

لقد أصبح التعمق في دراسة التربة الزراعية من الأهمية بمكان ، بعد معرفة تركيبها ومحتوياتها وعلاقتها بمكوناتها بعضها ببعض ، وما تحتويه من أحياء دقيقة ، ذات أثر فعال في خواصها وإنتاجها ، وتأثير ذلك كله على النباتات . فكلما زادت هذه الدراسة كلما أمكن التحكم في خصب التربة والوصول إلى إنتاج أكبر . ولا شك أن هذه الدراسة هي أوجب ما يكون في عصرنا الحالي ، فلا بد من بذل عناية أكبر وجهود مضاعف للحصول على زيادة في الإنتاج ، وبالتالي زيادة في الدخل القومي ، الذي يهدف إليه الجميع ، خاصة وبلادنا زراعي يعتمد قبل كل شيء على الزراعة .

فالارض التي تنبت الزرع ، ليست عبارة عن تربة خالية من الحياة ، ناتجة من تفتت الصخور نتيجة لعوامل طبيعية أو كيميائية فقط ، ولكنها محتلة بالحياة . فجدير بنا إذا عرفنا مقدار ما بها من أحياء دقيقة ، وما تلعبه هذه الأحياء في خصب التربة أن نسميها بالارض الحية . ويكفي أن نشير هنا إلى أنه لو أعدم وجود هذه الكائنات في الأرض لما كانت هناك حياة ، فهي التي تقوم بمهمة المواد العضوية عموما إلى الصورة الصالحة لتغذية النبات ، وبذلك تعيد دورة العناصر وتحافظ على كميته بالاراضي ، إذ أن هذه العناصر في الطبيعة محدودة المقدار . فتقوم بتحليل ما تبقى من نباتات وحيوانات فيها ، فتعيد للتربة خواصها وصفاتها ، كما تترك مواد عضوية صعبة التحلل في صورة دبال ، ضروري لحفظ خواصها الطبيعية والكيمائية والحيوية ، والذي منه يستمد النبات غذاءه المتواصل .

ويهدف كتابنا ((ميكروبيولوجيا الاراضي)) إلى دراسة أحياء التربة الدقيقة ، والتغيرات التي تحدثها هذه الأحياء في المواد التي تتوهمها الارض ، والتي تؤدي إلى اعداد الغذاء الصالح للنبات ، وبالتالي إلى خصب الارض وقدرتها على الانتاج الوفير للحاصلات الزراعية . كذلك يعنى الكتاب بدراسة الظروف الخاصة التي تؤدي إلى الاضرار بالارض ، بفقد بعض العناصر الهامة ، الامر الذي يؤثر تأثيرا سميّا على نمو النباتات ، وبذا يمكن تلخيصها .

ونظرا لعدم وجود مؤلف في هذا العلم الذي يعتبر الآن من أهم علوم
الأراضى ، يسهل الاطلاع منه على أساسياته ، وجد المؤلفان أنه خدمة
للمصالح العام ، خصوصا في عهدنا هذا الذي نحرص فيه على تعريب
المؤلفات والآراء والابحاث والمراجع الأجنبية لكي تعم الاستفادة الى أقصى
الحدود ، وضع مؤلفنا هذا راجعين النفع به لابناء الوطن المقدى ، وكذا لابناء
الاقطار الشقيقة الناطقة بالضماد ، وخاصة لطالبة الجامعات والمعاهد العليا
المهتمين بدراسة علوم الأراضى .

ولتتمام الفائدة زود المؤلف بكثير من الاشكال والجداول المحتوية على
نتائج كثير من التجارب ، مما يسهل الفهم ويقرب الى الالذهان . كما ذيل
بموسوعة كبيرة من المراجع الخاصة والعامة ، بها تتم الفائدة .

وكل ما نرجوه أن يكون قد أدينا بعضا مما ندين به لابناء الوطن بما
يحتمه علينا واجبتنا نحو العلم .

والله نسأل أن يوفقنا جميعا الى ما فيه المصالح العام .

القاهرة في يوليو سنة ١٩٦٠

صلاح الدين محمود طه سعد على زكى محمود

محتويات الكتاب

صفحة

مقدمة الكتاب

الباب الأول

٧

لمحة تاريخية

الباب الثاني

١٢

ميكروبات التربة الزراعية

١٤

١ - البروتوزوة

١٧

٢ - الطحالب

١٨

٣ - الفطريات

٢١

٤ - البكتيريا

٢٣

التقسيم

٣٥

الفصائل الهامة

٣٦

الاجناس الهامة

الباب الثالث

٤٨

تركيب التربة الزراعية

٤٩

(أ) المواد العضوية (الدوبال)

٥٥

(ب) الكائنات الحية وخاصة الميكروبات

٧٢

(ح) تقدير نشاط ميكروبات التربة على أساس ك_١ الناتج

الباب الرابع

٧٤

العناصر الغذائية للنبات ومصادرها

٧٥

التركيب الكيماوى لبقايا النبات والحيوان

الباب الخامس

صفحة

٧٩

مصادر الطاقة للبكتيريا

الباب السادس

- ٨٤ فعل ميكروبات التربة في المواد العضوية غير الأزوتية ودورة الكربون
- ٨٦ تحليل البكتين
- ٨٧ تحليل السليلوز
- ٩١ تحليل السكريات ومشتقاتها
- ٩٣ التخمر الميثاني
- ٩٥ تأثير ثنائي أكسيد الكربون على معادن التربة
- ٩٦ دورة الكربون

الباب السابع

- ٩٧ فعل ميكروبات التربة في المواد العضوية الأزوتية — دورة الأزوت
- ٩٧ تحليل البروتين في التربة
- ١٠٢ تحليل اليوريا
- ١٠٣ نسبة الكربون إلى النيتروجين بالمادة العضوية
- ١١٦ عملية التآزت البيولوجية (تكوين الأزوتات ثم الأزوتات)
- ١٢١ عملية التآزت غير البيولوجية .
- ١٢٢ فقد الأزوت من التربة
- ١٢٢ أولاً : اختزال الأزوتات وتحرير (انطلاق) الأزوت
- ١٢٨ ثانياً : تثبيت النترات وأملاح الأمونيوم في خلايا الميكروبات
- ١٢٨ ثالثاً : انطلاق الأزوت نتيجة لتفاعل كيميائي
- ١٢٩ تمثيل الميكروبات المركبات النتروجينية في التربة

الباب الثامن

- ١٣١ تثبيت نتروجين الجو في التربة الزراعية — دورة الأزوت
- ١٣٥ ١ — الميكروبات المثبتة لأزوت الهواء الجوي والعائشة منفردة في التربة
- ١٣٥ (١) الميكروبات الهتروتروفية .

صفحة

١٣٥	(١) الأزوتوباكثر
١٤١	(٢) البيارنكيا
١٤٣	(٣) الدر كسيا
١٤٤	كيفية تثبيت الأزوت الجوى
١٤٦	(٤) الميكروبات غير الهوائية المثبتة للأزوت الجوى
١٤٧	(ب) الميكروبات الأوتوتروفية المثبتة للأزوت الجوى
١٤٧	(١) البكتريا الممثلة للضوء
١٤٨	(٢) الطحالب
١٥٠	٢ — الميكروبات المثبتة لأزوت الهواء الجوى والعائشة بالاشتراك
١٥٣	أطوار الميكروب فى النبات
١٥٨	الخواص المرفولوجية وأطوار حياة الميكروب
١٦٠	تقسيم بكتريا العقد الجذرية
١٦٢	أهميتها
١٦٤	تثبيت الأزوت
١٦٧	العوامل التى تؤثر على تثبيت الأزوت الجوى
١٧٢	تكوين عقد بكتيرية على نباتات أخرى
١٧٣	دورة الأزوت
١٧٤	تلقيح الزبة بالميكروبات

الباب التاسع

١٧٩	دورة الكبريت والحديد وتحول بعض العناصر الأخرى
١٧٩	دورة الكبريت
١٨٩	دورة الحديد
١٩٠	أثر الميكروبات فى تحول الفوسفور فى الطبيعة إلى ما يلائم حاجة النبات
	تحول البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والحديد إلى ما يلائم
١٩٩	حاجة النبات

الباب العاشر

٢٠١	بعض الأسمدة العضوية وأهميتها
٢٠٣	السباخ البلدى

صفحة

٢١٦	السجاد العضوى الصناعى
٢٢٧	استغلال مخلفات المدن والمزارع الكبيرة
٢٢٧	سجاد القمامة
٢٣١	الاسمدة الخضراء

الباب الحادى عشر

٢٣٤	علاقة التربة الزراعية بالنبات والميكروبات
٢٣٤	تأثير الميكروبات على ربط وتجميع حبيبات التربة
٢٣٥	المنطقة المحيطة بالجذور (الريزوسفير)
٢٤٢	تأثير النباتات على ميكروبات التربة الزراعية
٢٤٣	تأثير الميكروبات فى نمو النباتات
٢٤٤	تأثير بعض العمليات الزراعية على ميكروبات التربة
٢٤٦	تأثير التجفيف (الشراقي) على ميكروبات التربة
٢٤٩	التعاون والتضاد بين ميكروبات التربة
٢٥٣	التوازن الميكروبى
٢٥٥	تحضير المواد الميكروبية المضادة للميكروبات

الباب الثانى عشر

٢٥٩	الطرق المتبعة فى مقاومة أمراض النبات
-----	--------------------------------------

الباب الثالث عشر

٢٦٦	ميكروبيولوجيا مياه المجارى
-----	----------------------------

الباب الرابع عشر

٢٧٧	بعض العمليات الميكروبيولوجية الصناعية فى المزارع
٢٧٧	تعطين الكتان
٢٨٣	السيلاج

المراجع

٢٩٠	المراجع العربية المختارة
٢٩٢	المراجع الأفرنجية المختارة

٣ — أثبت أن التخمر يحدث نتيجة لوجود الميكروبات ونشاطها فيه وليس العكس (هدم نظرية التوالد الذاتي) ، وتسبب التخمرات المختلفة نتيجة لميكروبات مختلفة .



هذا بجانب أبحاثه الكثيرة في الميكروبات المرضية . ويعتبر باستير المنشئ لعلم الميكروبيولوجيا .

ومعاشك فيه أن الاتحاد في البحث كان غالباً بين الميكروبات المرضية ، وهذا طبعاً لأن الإنسان أول ما يولي عنايته له هو درء الخطر عنه ، وهذه الميكروبات مصدر خطر كبير على حياته .

(شكل ٢)

لويس باستير
١٨٢٢ - ١٨٩٥

تلى ذلك أن اتسع أفق علم الميكروبيولوجيا ، وبدلاً من

أن يكون منحصراً في المجال الطبي تعداه إلى المجال الصناعي والزراعي .

وصف ميتشرليش Mitscherlich عملية التخمر والتعفن والدور الذي تلعبه الميكروبات في تحليل الكربوايدرات . ووصف باستير دور البكتيريا والميكروبات الأخرى في تحليل اليوريا والمواد البروتينية الأخرى ، كذلك بقايا النباتات والحيوانات في التربة والأسمدة العضوية ، وعلى عملية التآزر في مياه المجارى إلى نشاط البكتيريا التي تحول الأمونيا إلى نترات .

وفي سنة ١٨٨١ جاء العالم كوخ Robert Koch واستعمل الجيلاتين لعزل الميكروبات من التربة وتقسيمها ، ثم استبدل الجيلاتين بالآجار ،

والحقيقة أن استعماله للزرعة النقية ألقى ضوءاً على دراسة البكتريولوجيا
بصفة عامة وكذلك بكتريولوجيا الأراضي بصفة خاصة .



(شكل ٣)
روبرت كوخ
١٨٤٣ - ١٩١٠

وكان هناك العالم
الروسي فينوجرادسكى
Winogradsky الذى
وضع فعل مجموعة هامة
من ميكروبات التربة
(بكتريا التآزت)
وأهميتها فى خصوبة
التربة ، وعزلها فى حالة
مزرعة نقية فى بيئة من
الأملاح المعدنية ، كما عزل
بكتريا الأزوتوبكتري
التي تثبت نيتروجين الجو .

ولقد تمكن العالم بيجرنك Beijerinck من عزل بكتريا العقد الجذرية
Root nodule bacteria من العقد الموجودة على جذور النباتات البقولية ، كما
عزل أيضاً الأزوتوبكتري وكذلك بكتريا الكبريت Thiobacillus thioporus .
ويعتبر عصر فينوجرادسكى وبيجرنك « العصر الذهبى » لميكروبيولوجيا
الأراضي سنة ١٨٩١ - ١٩١٠ ، وإلى هذين العالمين يرجع الفضل فى إنارة
الطريق ووضع الأسس العلمية للعلماء الذين جاءوا بعدهما فى هذا العلم .

وبعد أن عرفت بعض مجموعات الميكروبات فى التربة اشتغل العلماء
على إيجاد علاقة بينها وبين خصوبة التربة . وفى سنة ١٩٠٢ حاول رemy
استعمال بعض العمليات البكتيرية كمقياس لمجموع النشاط
الميكروبي فى التربة ، كما حاول ابتداء طرق لقياس خصوبة التربة عن

طريق الميكروبات. وكانت هذه الطرق مبنية على أن خصوبة التربة تتعلق مباشرة بنشاط الميكروبات فيها.



شكل ٤
فسوجرادسكى
١٨٩١

وقد اكتشف أومليانسكى Omeliansky البكتريا غير الهوائية المحللة للسليولوز ، واكتشف واكسمان Waksman مادة الاستربتوميسين التى يفرزها أحد أنواع البكتريا Streptomyces griseus فى البيئة التى يعيش فيها . وكنا يعلم أهمية هذه المواد فى علاج الأمراض .

وما تجدر الإشارة إليه أن الكلمة التى سردناها عن تاريخ ميكروبيولوجيا الأراضى ماهى إلا جزء يسير مما يجب أن يقال . وإن أغفلنا ذكر كثير من العلماء الذين بنوا صرح هذا العلم ليس تقصيرا ولا تقليلا لأعمالهم ، وإنما ضيق المكان وعدم إرهاب الطالب بما يزيد عن حاجته هما العاملان المحددان ، فضلا عن أن ذكر بعض هؤلاء العلماء سيرد فى الموضوع الخاص به فى حينه .



شكل ٥
بييجرنك
١٨٥١ - ١٩٣١

الباب الثاني

ميكروبات التربة الزراعية

يرجد بالتربة الزراعية الأنواع الآتية من الميكروبات :

١ - البروتوزوا Protozoa

٢ - الطحالب Algae

٣ - الفطريات Fungi

٤ - البكتريا Bacteria

ولكى نوضح علاقة هذه الأحياء الدقيقة بعضها ببعض نبدأ بكلمة عامة

عن تقسيم المملكة الحيوانية والنباتية :

تنقسم الأحياء جميعا إلى مملكتين :

(أ) المملكة الحيوانية : —

١ — الحيوانات وحيدة الخلية Protozoa

٢ — الحيوانات عديدة الخلايا Metazoa

(ب) المملكة النباتية . —

تنقسم المملكة النباتية إلى الأربع أقسام الآتية :

١ — Spermatophyta ذات البذور والأزهار .

٢ — Bryophyta النباتات الحزازية مثل Mosses and liver wart

٣ — Pteridophyta النباتات السرخسية مثل Ferns

٤ — Thallophyta النباتات التالوسية — ليس لها جذور أو سوق

أو أزهار أو أوراق وهي بسيطة التركيب .

تقسم النباتات التالوسية Thallophyta

لبس لها جذور أو سوق أو أوراق أو أزهار .

Thallophyta

الطحالب

تحتوى على كلوروفيل ، قد تكون وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا ومنها الطحالب الخضراء والخضراء المزرة والبنية والحمراء

Fungi

لا تحتوى على كلوروفيل ، قد تكون وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا .

Schizomycetes

الفطر المتكاثر بالانقسام ويسمى بكتريا Bacteria وتنقسم إلى عشرة فصائل

Orders

- 1 Pseudomonadales
- 2 Chlamydoacteriales
- 3 Hyphomicrobiales
- 4 Fabacteriales
- 5 Caryophanales
- 6 Actinomycetales
- 7 Beggiatoales
- 8 Myxobacterales
- 9 Spirochaetales
- 10 Mycoplasmatales

Eumycetes

yeasts & molds etc.

وتشمل الفطريات والخمائر وتنقسم إلى :

- 1 Phycomycetes - non-septate
غير مقسمة بحواجز ومنها Mucors, Rhizopus
- 2 Ascomycetes
مقسمة بحواجز ومنها Powdery mildews, Molds & yeasts
البياض الدقيقى وبعض الفطريات والخمائر .
- 3 Basidiomycetes
Smuts, Rusts, Mushrooms
ويتبعها التفحمات والأصداء والمشروم
- 4 Fungi imperfecti
مقسمة بحواجز والقليل منها غير مقسم ولم يثبت فيها الطور التزاوجى ومنها Many molds & Torula

وفيما يلى وصفاً مختصراً للميكروبات الموجودة بالتربة الزراعية :

١ - البروتوزوا Protozoa

البروتوزوا عبارة عن أحياء دقيقة ذات خلية واحدة تختلف في الحجم من بضعة ميكرونات إلى ٤-٥ مم . وبعض أنواع البروتوزوا قادرة على تكوين مجموعات بها أفراد. ومعظم الأنواع الموجودة في التربة ميكروسكوبية ولها نواة مميزة أو اثنتين ولكن بعض الأنواع عديدة النويات . لها فجوة قابضة للتخلص من المواد التالفة أو تعديل الضغط الأسموزي .

بعض أنواع الـ Mastigophora تحتوي على مواد ملونة خضراء أو صفراء أو بنية .

وتنقسم البروتوزوا بالنسبة إلى الحركة إلى الآتي :

١ - Sarcodina أو Rhizopoda - تتحرك بالآرجل الكاذبة Pseudopodia وهي إمتدادات من البروتوبلازم . بعض أنواع عارية وبعضها مغطى بغلاف خارجي تفرزه الخلية من الكيتين أو السليكا أو كربونات الكالسيوم أو من مادة خارجية مثل دياتوم Diatom أو الرمل أو الطين . ويتبعها الأميبا .

٢ - السوطية Mastigophora أو Flagellata . تتحرك بواسطة فلاجلات . في بعض الأنواع فلاجلوم واحد وبعضها له كثير منها .

٣ - الهدبية Ciliata أو Infusoria . الحركة بواسطة الأهداب . وهذه الأهداب قد تكون موزعة على جميع الخلية أو في منطقة منها .

٤ - Sporozoa . وهي متطفلة . والحركة فيها مخترلة جداً .

وتوجد الهدبية Ciliata في التربة متحوصلة ، ولذلك لا يمكن أن يقال أنها سبب في تحديد عدد البكتريا ونشاطها في التربة . وكان المعتقد أن الأنواع الصغيرة من الأميبا والسوطية تحدث الحالة المسماة «التربة المريضة» والعامل المحدد لنشاطها الرطوبة ، فكلما زادت الرطوبة كثر نشاطها خاصة

عند توفر المادة العضوية كما في حالة الأرض المسمدة بوفرة بالسماد البلدى،
ومتخلفات المجارى .



شكل ٦

نواع مخنفة من البروتوزوا بالاراضى الزراعية

ومن البروتوزوا الشائعة فى الاراضى الأميبا المسماة *Vahlkampfia soli*
والسوطية *Bodo caudatus* , *Cercomonas crassicauda* ومن الهدية
Colpoda steinii

وذكر بعض الباحثين أن السوطية والهدية أكثر وجوداً فى التربة عن
الأميبا بينما وجد آخرون العكس . والظاهر أن تضارب النتائج يرجع إلى
اختلاف الطرق المتبعة فى الفحص .

ويكثر وجود الأميبا فى التربة فى الربيع والصيف . وتوجد البروتوزوا
فى الطبقة العليا من التربة (٦ بوصات) . وتكثر فى الاراضى الغنية
بالمواد العضوية .

ولقد وجد كمتلر Cutler أن التربة دائماً تحتوى على الأجناس الستة الآتية :

- | | | | |
|-----|-------------------------------|-----|--------------------------------|
| ١ — | <i>Dimastigamoeba gruberi</i> | ٤ — | فلاجلية صغيرة ٣-٦ × ٢-٣ ميكرون |
| ٢ — | أميبا صغيرة | ٥ — | <i>Cercomonas</i> sp. |
| ٣ — | <i>Heteromita</i> sp. | ٦ — | <i>Oicomonas termis</i> |

ولقد وجد Sandon بعد اختباره لعدد ١٠٧ نوع من التربة المتوسطة
الآتية لا تتشار أنواع البروتوزوا :

٧,٢ فلاجلية

٣,٤ هدية

٢٤,٥ أميا

Testaceous rhizopods ٢, —

وبعض هذه البروتوزوا أمكن استزاعها على بيئات عامة الاستعمال،
وبعضها نمت على بيئات خاصة . ونما يلاحظ أن ساندون Sandon حصر أنواع
البروتوزوا التي وجدها في العينات في ٢٥٠ نوع، بعضها وجد في كل العينات
المختبرة بعدد كبير . وكانت السوطية . *Heteromita globosus* و
C. stemi , *Colpoda cucullus* والهدية *Cercomonas* sp., *Oicomonas termo*
والأميا *Hartmanella hyalina* & *Naegleri gruberi* هي أكثر
البروتوزوا عدداً .

والاعتقاد السائد أن التربة تحتوي على عدد كبير من البروتوزوا تشمل
الأميا والسوطية يلي ذلك الهدية. وهذه البروتوزوات تكون جزءاً من مجموعة
الأحياء الدقيقة في التربة . ويجب أن نذكر أن قدرتها على التحكم في عدد
الميكروبات الأخرى في التربة محدودة جداً . وبعض أنواع البروتوزوا
تتغذى على البكتيريا وبعضها يتغذى على البروتوزوا نفسها، وبعض أنواع
البروتوزوا يقوم بتحليل بقايا النباتات والحيوانات . والتعقيم الجزئي للتربة
لا يقتل جميع البروتوزوا الموجودة فيها .

بعض الحيوانات الأخرى في التربة

توجد حيوانات أكبر في الحجم من البروتوزوا في التربة، تختلف هذه
في حجمها من ميكروسكوبية (نماتود) إلى دودة الأرض ويرقات الحشرات.

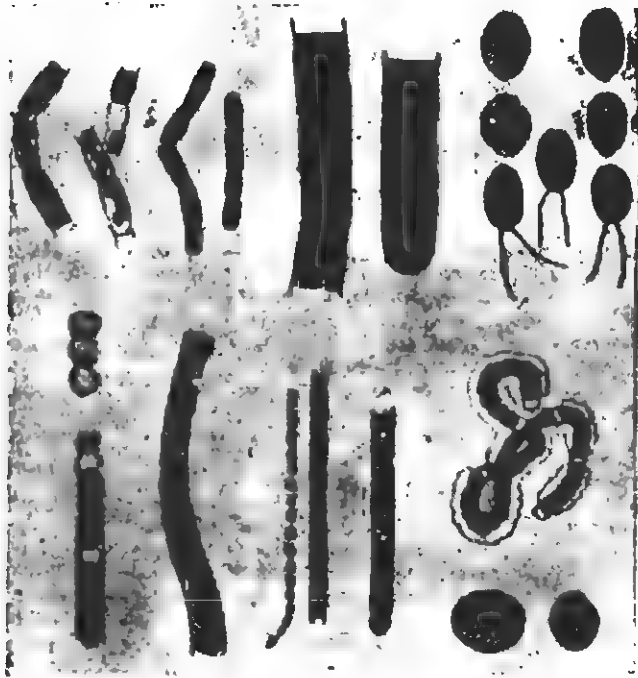
بعض النمازود مثل *Heterodera schachtii* وأنواع أخرى تتطفل على النباتات والحيوانات . وبعض أنواع النمازود تعيش معيشة رمية كذلك دودة الأرض *Earthworm* التي تقلب التربة وتخلطها بالمواد العضوية وغير العضوية مما يزيد في خصوبتها .

٢ — الطحالب

ALGAE

تنتشر الطحالب بكثرة في التربة ويقتصر انتشارها على الطبقة السطحية ويمدد انتشارها الرطوبة . وحيث أنها تحتوى على الكلوروفيل وتحصل على الطاقة اللازمة لها من ضوء الشمس فتوجد في الطبقات العليا للتربة . ومنها ما يوجد في الطبقات السفلى لذلك لا بد له أن يعيش معيشة هتروتروفية .

وتشتمل أنواع الطحالب الموجودة في التربة الآتى :



١ — الطحالب

الخضراء المزرقه

Myxophyceae

٢ — الطحالب

الخضراء

Chlorophyceae

Bacillariaceae — ٣

وتشمل الـ diatoms

وبعض أنواع

الطحالب الخضراء المزرقه

قادرة على تثبيت أزوت

الجو . وتكثر الخضراء في الأراضى الحامضية .

(شكل ٧)

أنواع مختلفة من طحالب التربة

٣ - الفطريات FUNGI

الفطر مجموعة من الاحياء الدقيقة خالية من الكلور فيل . وهي هامة لأنها تحدث أمراضاً نباتية كثيرة كما أنها تجرى تخمرات صناعية هامة .
والتربة هي مهد أنواع الفطر المختلفة ، وسنذكر تلخيصاً لبعض أنواع الفطر ، حيث يعالج هذا الموضوع بتوسع في كتب أخرى خاصة وينقسم الفطر إلى الآتي :

١ - **Phycomycetes** - ينتمي إلى هذه المجموعة أنواع فطر ذات
ميسليوم غير مقسم تعيش في التربة عادة - ومن أمثلة الأجناس التي
تنتمي إليه *Rhizopus*



(شكل ٨)

والى اليسر *Mucor*

الى اليمين *Rhizopus*

٢ - **Basidiomycetes** - الميسليوم مقسم . عندما يتكون الزيجوت *Zygote* تحدث داخله عدة انقسامات للنواة ويعرف بالبازيديوم *Basidium* . يكبر الزيجوت (بازديوم) ويكون شكله كعصا الطبلية . وفي طرفه يخرج نتوء يعرف بالاسترجما *Sterigma* فتندفع فيه إحدى الثريات المتكونة وعندئذ يتضخم الاسترجما مع تكوين جدار ، يفصل الاسترجما عن البازيديوم وتسمى الخلية الحديثة المتكونة بالبازيديوسبور *Basidiospore* وهذه تنفصل عن بقية الفطر . وتحمل البازيديوم الناضجة أربعة بازيديوسبور . وعلى هذا الأساس فالبازيديوسبور يتكون خارجياً . أما في حالة الاسكوسبور *Ascospore* فإنه يتكون داخلياً .

٣ - *Ascomycetes* - الميسليوم مقسم . عندما يتكون الزيجوت تحدث انقسامات في النواة ويعرف عندئذ بالاسكس، أو الكيس الجرثومي *Ascus* . تنقسم النواة عدة انقسامات ، ثم يغلف كل قسم وما يحيط به من سيتوبلازم بجدار ويعرف بالاسكوسبور *Ascospore* . عندما ينفجر الاسكس تخرج الاسكوسبور . ويجب ملاحظة أن تكوين الاسكوسبورات داخلية .

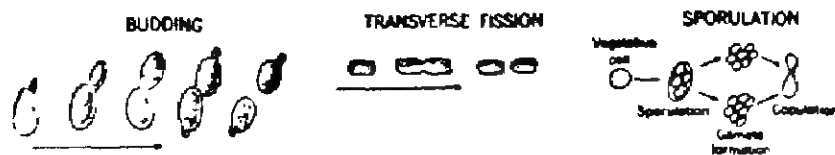
يتبع هذه المجموعة جنس *Penicillium* الذي يسبب فساد كثير من المواد والفواكه والخضروات . كما يستعمل في نضج بعض أنواع الجبن (روكفور) ويتكون الجزء الخضرى من ميسليوم تخرج منه هيفا خاصة تسمى كونيدوفور *Conidiospore* متفرعة تحمل كونيديا والكونيديا ملونة تعطى نمو الفطر لونه المميز . تتطير الكونيديا وإذا وقعت على بيئة مناسبة تنبت وتكون ميسليوم .

٤ - *Fungi imperfecti* - (الميسليوم) مقسم . ولم يعرف بعد التكاثر الزواجى لها . وعندما يعرف هذا التكاثر فينقل إلى *Basidiomycetes* أو *Ascomycetes*

الخميرة *Yeasts*

هناك بعض أفراد من *Fungi imperfecti*, *Basidiomycetes*, *Ascomycetes* قد فقدت قدرتها على تكوين المرحلة الخضرية للفطر . أى فقدت تكوين الميسليوم وأصبحت وحيدة الخلية . وتنتمى هذه الأفراد إلى القسم المسمى بالخميرة .

وحلية الخميرة النموذجية شكلها كرى أو بيضى تتكاثر بالتبرعم . يكبر البرعم إلى أن يصل حجمه حجم خلية الأم، ويتكون جدار بفصل البرعم عن الخلية الأصلية .



شكل ١٩
طرق تكاثر الخميرة

والخميرة هامة، ومعظمها لا يعيش في التربة، وأشهر البعثات إليها ما تحتوي على السكريات مثل رحيق الأزهار وسطوح الفواكه . وبعض الأنواع تخمر السكر وتنتج الكحول وكذا، وهذه تستعمل في إنتاج الكحول والبيرة والنبيذ في الصناعة، وتستعمل أيضاً في تخمير العجين . وهذه هي أهم أنواع الخميرة وتسمى

Saccharomyces cerevisiae

وتتبع الـ *Ascomycetes*

وتتكاثر أنواع الخميرة

بالانقسام والتبرعم والتجرح

وفي الخميرة التابعة

للـ *Basidiomycetes* كما يحدث

في جنس *Sporobolomyces*

تتحول الخلية إلى بازيدوم

يتبعها تكوين بازيدوفور

خارجياً . ويمكن ملاحظة ذلك بتلقيح بيضة في طبق بترى بالميكروب المذكور ووضع مقلوباً في الحامض فنجد أن غطاء الطبق ملئ بالجراثيم أسفل مجموعة الخميرة .

الخميرة الكاذبة *Fulse yeasts*

تجدر الإشارة إلى الخميرة الكاذبة *Torula*، وهي تتبع الفطريات الناقصة

Fungi imperfecti وهي تشبه الخميرة الحقيقية إلا أن تكاثرها بالتبرعم

فقط، لا تستعمل في التخمر الكحولي لأنه ليس لها القدرة على تحويل

السكريات إلى كحول، كما تفعل الخميرة الحقيقية، ولكنها توجد في منتجات

الألبان مع الخميرة الحقيقية، ومنها أنواع تستعمل صناعياً في إنتاج البروتينات

والفيتامينات (مجموعة ب) وذلك بتنميتها على بقايا طبخ الخشب المستغل في

صناعة الورق، والميكروب المستعمل اسمه *Torulopsis utilis* . ولقد استعمله

الألمان على نطاق واسع في خلال الحرب العظمى الثانية .

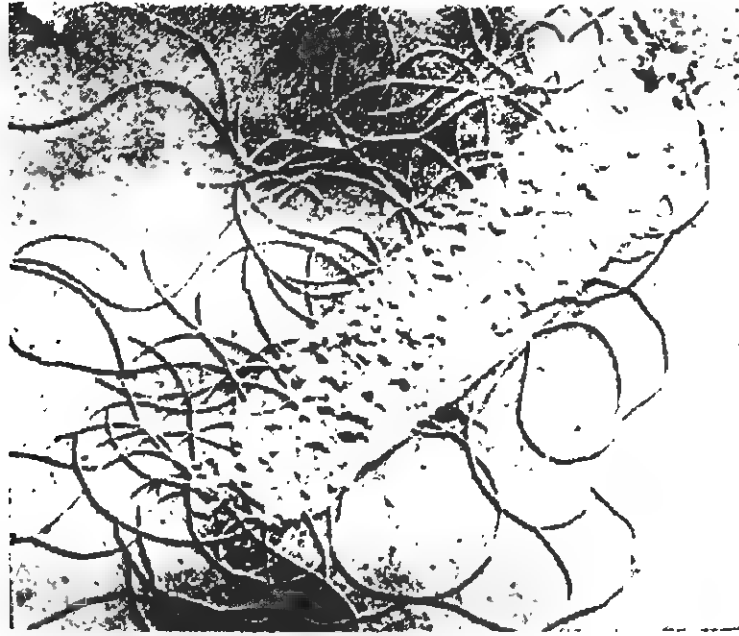


(شكل ١٠)

الكيس الجرثومي وبه
الجراثيم الاسكية

٤ — البكتيريا

البكتيريا أهم الكائنات الحية الدقيقة ، ويتكون الفرد منها من خلية واحدة ، تتكاثر عادة بالانقسام الثنائي البسيط ، ولا تحتوى على كلوروفيل عادة ، وأشكال البكتيريا ثلاثة : السبرى والعصى والحلزونية . البكتيريا أكثر الأحياء انتشاراً في الطبيعة . . .



(شكل ١١)

خلية بكتيرية — لاحظ الفلاجلات

وقد درست أنواع كثيرة من البكتيريا ، ووضعت البكتيريا المتشابهة في مجموعات ، ونظمت هذه المجموعات في شبه نظام يقال له تقسيم .

وأفضل ما وضع في هذه الناحية تقسيم برجي Bergey (١٩٥٧) وهو شائع الاستعمال في أمريكا وأوروبا على أنه لم يأخذ شكلاً نهائياً حتى الآن فلا يزال تدخل عليه تعديلات كثيرة . والتقسيم الأمريكى هذا مقترح بواسطة لجنة من أعضاء جمعية الميكروبيولوجيين سنة ١٩٢٠ ، وهو مبني على الصفات المورفولوجية والخواص الفسيولوجية للبكتيريا ، ويتبع في إنجلترا أيضاً مع إدخال بعض التعديلات عليه .

والتقسيم الأمريكى يحتوى على عشرة فصائل تقسم إلى تحت فصائل ثم إلى عائلات ، وهذه تقسم إلى قبائل والقبيلة تقسم إلى أجناس والجنس يقسم إلى أنواع . وفيما يلى مثال لذلك يبين وضع البكتريا المسماة :

Escherichia Coli

Subbacteriales	Order	فصيلة
(none)	Suborder	تحت فصيلة
Enterobacteriaceae	Family	عائلة
Escherichieae	Tribe	قبيلة
Escherichia	Genus	جنس
: Escherichia coli	Species	نوع

ويتبع فى تسمية البكتريا مايتبع فى تسمية النباتات حيث يتكون الاسم من جزئين ، الأول اسم الجنس والثانى اسم النوع .

وفيما يلى تقسيم البكتريا بفصائلها العشرة والأجناس التابعة لكل فصيلة نقلا عن برجى (١٩٥٧) . يلى ذلك وصف لأهم الأجناس البكتيرية من وجهة الميكروبيولوجيا الزراعية ولقد روعى كتابتها باللغة الإنجليزية لكي يسهل على الطالب معرفة المصطلحات العلمية لكي يتفهم المراجع الأجنبية .

Outline of Bacterial Classification and Characteristics of Selected Genera

I. KEY TO ORDERS OF CLASS

SCHIZOMYCETES

- I. Cells rigid. Spherical, rod-shaped (straight or curved), or spiral in form. Sometimes in trichomes. Motile by means of polar flagella, or nonmotile.

- A. Cells coccoid, straight or curved rods, or spiral in form. Sometimes occur as chains of cells. Cells may contain photosynthetic purple or green pigments. Not in trichomes. Usually motile by means of polar flagella. Occasionally nonmotile.

Order I. **Pseudomonadales**

- B. Not as above.

1. Cells in trichomes that are frequently in a sheath. Occasionally motile (swarm spores) or nonmotile. Conidia are developed. The sheaths may contain a deposit of ferric hydroxide and the trichomes may be attached to a substrate.

Order II. **Chlamydobacteriales**

2. Cells reproduce by a process of budding rather than by ordinary cell division (fission). May be attached to a substrate by a stalk. One genus contains species with photosynthetic pigments (**Rhodomicrobium**).

Order III. **Hyphomicrobiales**

- II. Not as above.

- A. Cells rigid. Spherical or straight rod-shaped cells. Occur singly, in chains, or in trichomes. Motile by means of peritrichous flagella or nonmotile. Not acid-fast.

1. Cells spherical or rod-shaped, no trichomes, though chains of cells may occur.

Order IV. **Eubacteriales**

2. Cells in trichomes

Order V. **Caryophanales**

B. Not as above.

1. Cells rigid and may grow out into a branching mycelium-like structure which may even develop chains of aerial conidia, giving colonies a superficial resemblance to mold colonies. In two genera, spores develop within sporangia (sporangiospores), and in one of these genera the spores are motile. Where cells occur singly or in simple branched forms, they are frequently acid-fast.

Order VI. **Actinomycetales**

2. Not as above.

- a. Cells rigid, usually large and may occur as coccoid cells or trichomes. Sulfur granules may occur on the surface or within the cells. Move by a gliding, oscillating, or rolling, jerky motion like that of some blue-green algae. No flagella present.

Order VII. **Beggiatoales**

aa. Not as above.

b. Longer or shorter flexous cells.

- c. Cells flexous, creeping on a substrate. Frequently pointed at both ends. Fruiting bodies are usually developed from a thin spreading colony (pseudoplasmodium). Slime bacteria.

Order VIII. **Myxobacterales**

- cc. Cells in the form of longer or shorter spirals. Swim freely by flexion of cells.

Order IX. **Spirochaetales**

- bb. Nonmotile, highly pleomorphic organism of a very delicate character. Possess filterable stages.

Order X. **Mycoplasmatales**

II. OUTLINE OF THE CLASSIFICATION OF BACTERIA

(Class Schizomycetes)

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
				I. Thiosarcina
				II. Thiopedia
				III. Thiocapsa
				IV. Thiodictyon
				V. Thiohece
				VI. Thiocystis
				VII. Lamprocystis
				VIII. Amoebobacter
				IX. Thiopolycoccus
				X. Thiospirillum
				XI. Rhadomonas
				XII. Rhodotheca
				XIII. Chromatium
				I. Rhodopseudomonas
				II. Rhodospirillum
				I. Chlorobium
				II. Pelodictyon
				III. Clathrochloris
				IV. Chlorobacterium
				V. Chlorochromatium
				VI. Cyliindrogloea
	I. Rhodobacterineae			
		II. Athiorhodaceae		
		III. Chlorobacteriaceae		

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
				VI. <i>Cylindrogloea</i>
				I. <i>Nitrosomonas</i>
				II. <i>Nitrosococcus</i>
				III. <i>Nitrospira</i>
				IV. <i>Nitrosocystis</i>
				V. <i>Nitrosogloea</i>
				VI. <i>Nitrobacter</i>
				VII. <i>Nitrocystis</i>
				I. <i>Methanomonas</i>
				II. <i>Hydrogenomonas</i>
				III. <i>Carboxydomonas</i>
				I. <i>Thiobacterium</i>
				II. <i>Macromonas</i>
				III. <i>Thiovulum</i>
				IV. <i>Thiospira</i>
				V. <i>Thiobacillus</i>
				I. <i>Pseudomonas</i>
				II. <i>Xanthomonas</i>
				III. <i>Acetobacter</i>
				IV. <i>Aeromonas</i>
				V. <i>Photobacterium</i>

I Pseudomonadales

I. Nitrobacteraceae

II. Methanomonadaceae

III. Thiobacteriaceae

II. Pseudomonadineae

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
				VI. Azotomonas VII. Zymomonas VIII. Protaminobacter IX. Alginomonas X. Mycoplana XI. Zoogloea XII. Halobacterium
		IV. Pseudomonadaceae		
				I. Caulobacter II. Gallionella III. Siderophacus IV. Nevskia
		V. Caulobacteraceae		
				I. Siderocapsa II. Siderosphaera III. Sideronema IV. Ferribacterium V. Sideromonas VI. Naumannella VII. Ochrobium VIII. Siderococcus IX. Siderobacter -X. Ferrobacillus
		VI. Siderocapsaceae		
I. Pseudomonadales				
(Cont.)				

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
III. Myxomicrobiales		II. Pasteuriaceae		I. Pasteuria
				II. Blastocaulis
		I. Azotobacteraceae		I. Azotobacter
				I. Rhizobium
		II. Rhizobiaceae		II. Agrobacterium
				III. Chromobacterium
				I. Alcaligenes
		III. Achromobacteraceae		II. Achromobacter
				III. Flavobacterium
				IV. Agrobacterium
IV. Eubacteriales				V. Beneckea
				I. Escherichia
				II. Aerobacter
				III. Klebsiella
				IV. Paracolobactrum
		IV. Enterobacteriaceae		V. Alginobacter
				II. Erwiniaceae
				VI. Erwiniina
				III. Serratiaeae
				VII. Serratia
IV. Enterobacteriaceae (Cont.)				VIII. Proteus
				IX. Salmonella
				X. Shigella
				V. Salmonellaeae

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
IV. Eubacteriades (Cont.)		V. Brucellaceae		I. Pasteurella
				II. Bordetella
				III. Brucella
				IV. Haemophilus
				V. Actinobacillus
				VI. Calymmatobacterium
				VII. Moraxella
				VIII. Noguchia
				I. Bacterioides
				II. Fusobacterium
		VI. Bacteriodaceae		III. Dialister
				IV. Sphaerophorus
				V. Streptobacillus
				I. Micrococcus
				II. Staphylococcus
				III. Gaffky
				IV. Sarcina
				V. Melanococcus
				VI. Peptococcus
				I. Neisseria
		VIII. Neisseriaceae		II. Veillonella

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
		IX. Brevibacteriaceae		I. Brevibacterium II. Kurthia
			I. Streptococceae	I. Diplococcus II. Streptococcus III. Pediococcus IV. Leuconostoc V. Peptostreptococcus I. Lactobacillus II. Eubacterium III. Catenabacterium IV. Ramibacterium V. Cillobacterium
		X. Lactobacillaceae	II. Lactobacillae	
				I. Propionibacterium II. Butyribacterium III. Zymobacterium I. Corynebacterium II. Listeria III. Erysipelothrix IV. Microbacterium V. Cellulomonas VI. Arthrobacter
		XI. Propionibacteriaceae		
		XII. Corynebacteriaceae		

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
		XIII. Bacillaceae		I. Bacillus II. Clostridium
		I. Caryophanaceae		I. Caryophanon II. Lineola III. Simonsiella
V. Caryophanales		II. Oscillospiraceae		I. Oscillospira
		III. Arthromitaceae		I. Arthromitus II. Coleomitus
		I. Mycobacteriaceae		I. Mycobacterium II. Mycrococcus
		II. Actinomycetaceae		I. Nocardia II. Actinomycetes
VI. Actinomycetales		III. Streptomycetaceae		I. Streptomyces II. Micromonospora III. Thermo actinomycetes
		IV. Actinoplanaceae		I. Actinoplanes II. Streptoporangium
		I. Beggiatoaceae		I. Beggiatoa II. Thiospirillopsis III. Thioploca IV. Thiothrix

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
VII. Beggiatoales				
		II. Vitreoscillaceae		I. Vitreoscilla II. Bactoscella III. Microscilla
		III. Leucotrichaceae		I. Leucothrix
		IV. Achromatiaceae		I. Achromatium
		I. Cytophagaceae		I. Cytophaga
		II. Archangiaceae		I. Archangium II. Stelangium
		III. Sorangiaceae		I. Sorangium
				I. Polyangium
				II. Synangium
				III. Podangium
				IV. Chondromyces
				I. Myxococcus
				II. Chondrococcus
				III. Angiococcus
				IV. Sporocytophaga
		V. Myxococcaceae		
				I. Spirochaeta
				II. Saprospira
				III. Cristispira
				I. Spirochaetaceae
IX. Spirochaetales				

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
				I. Borrelia
		II. Treponemataceae		II. Treponema
				III. Leptospira
X. Mycoplasmatales		I. Mycoplasmataceae		I. Mycoplasma

A CLASSIFICATION OF SOME BACTERIA

Class Schizomycetes

Eubacteriales :

True bacteria, Gram negative and Gram positive. Simple undifferentiated single cells with rigid cell walls. Some motile with peritrichous flagella. Binary fission. Typical endospore occur.

Pseudomonadales :

Gram negative. Some photosynthetic. Binary fission. Generally motile by polar flagella.

Photosynthetic (autotrophic and heterotrophic)	{	Genus
		Rhodobacillus
		Chromatium
Chemosynthetic (Autotrophic)	{	Nitrobacter
		Nitrosomonas
		Thiobacillus
Heterotrophic	{	Curved and spiral rods
		Vibrio
		Spirillum
	{	Pseudomonas
		Chromobacterium
		Bacterium
		Salmonella
		Shigella
		Brucella
		Rhizobium
		Azotobacter
		Acetobacter
		Methanobacterium
	{	Bacilli that form endospores
		Bacillus
	{	Clostridium
		Micrococcus
		Sarcina
	{	Streptococcus
		Lactobacillus
		Non-sporing Gram + rod
	{	Propionibacterium
		Corynebacterium

II. Actinomycetales (Branching bacteria) :

Except mycobacterium, they form a branching mycelium. Resting stages, if formed are conidia. Gram + ordinarily. Cell wall rigid, no mycelium, acid fast, reproduction.

by fission	Mycobacterium
Mycelium not fragmenting	{ Streptomyces { Micromonospora
Mycelium fragmenting	{ Actinomyces { Nocardia

III. Myxobacterales (Slime bacteria) :

Rod shaped. Not rigid cell wall, flexible. Show creeping motility on solid surfaces. Flagella absent. Resting stages, if formed, are microcysts which may be borne in fruiting bodies. Gram —.

Fruiting bodies formed	Myxococcus
Fruiting bodies not formed	{ Sporocytophaga { Cytophaga

IV. Chlamydoxanthales (Sheathed bacteria) :

Filamentous, Colourless, alga-like bacteria may or may not have a sheath non-sporeformers. Saprophytes which are found in water. Reproduce by binary fission, conidia or swarm spores.

V. Spirochaetales (Spiral bacteria) :

Spiral. Not rigid cell walls flexible. Resping stages unknown. Gram —. Reproduce by binary fission.

DISTINGUISHING FEATURES OF THE GENERA PHOTOSYNTHETIC BACTERIA

Contain bacteriochlorophyll uniformly distributed in the protoplasm. Photosynthesis occurs anaerobically and without oxygen production. Spores unknown. Gram —.

- (1) **Non-sulphur purple bacteria.** Heterotrophic anaerobes and facultative anaerobes. Example : **Rhodobacillus.**
- (2) **Purple sulphur bacteria.** Obligate anaerobes capable of autotrophic life. Example : **Chromatium.**
- (3) **Green sulphur bacteria.** Obligate anaerobes which are strictly autotrophic.

CHEMOSYNTHETIC AUTOTROPHIC BACTERIA

(Mainly Gram—.)

Nitrosomonas.	Oxidise NH_3 to HNO_2
Nitrobacter.	Oxidise HNO_2 to HNO_3
Thiobacillus.	Oxidise S , H_2S and other reduced sulphur compounds to H_2SO_4

HETEROTROPHIC BACTERIA

Curved and spiral rods. (Flagella polar. Gram—.)

Vibrio.	Short bent rods.
Spirillum.	Rigid spiral rods.

Non-sporing gram-rods

Pseudomonas.	Produce soluble pigments which impart a greenish fluorescence to media. Flagella polar. Example : P. fluorescens.
Chromobacterium.	Produce coloured colonies. Often divided into Serratia (red), Flavobacterium (yellow) and Chromobacterium (violet).
Escherichia & Aerobacter.	The coliform organisms. Form acids and gases from glucose, lactose and other sugars. Often split into 2 genera : Escherichia (V.P.—). Example : E. Coli Aerobacter (V.P.+). Example : A. aerogenes. (In the past other groups have been included in the genus Bacterium).
Salmonella.	Form acid or acid and gas from glucose. Lactose is not fermented. Intestinal Pathogens of men and animals.
Shigella.	The dysentery bacilli. Form acid from sugars, action on lactose is absent or slow.
Brucella.	Do not ferment sugars. Pathogenic.
Rhizobium.	Root nodule bacteria of the Leguminosae.
Azotobacter.	Cells relatively large and ovoid. Assimilate N. Grow on nitrogen-free media containing sugars or other energy sources.

- Acetobacter.** The acetic acid bacteria. Aerobes which tend to form acids as products of incomplete oxidation. Aciduric.
- Methanobacterium.** Obligate anaerobes. Oxidise organic compounds by means of CO_2 the CO_2 being reduced to CH_4 .

Bacilli that form endospores. (Mainly Gram+.)

- Bacillus.** Aerobes and facultative anaerobes. Species :
Proteolytic : **B. Subtilis**, **B. Mycoides**, **B. Cereus**, **B. anthracis**.
Saccharolytic : **B. macerans**.
Urea-Splitting : **B. pasteurii**.
- Clostridium.** Obligate anaerobes. Species :
Saccharolytic : **Cl. Welchii** (perfringens), **Cl. butyricum**, **Cl. chauvoci**, **Cl. septicum**, **Cl. acetebutylicum**. Proteolytic : **Cl. sporogenes**, **Cl. botulinum**. Slightly proteolytic : **Cl. tetani**. Cellulose-fermenting : **Cl. dissolvens**.

Approximately spherical organisms: the cocci. (Mainly Gram+)

- Micrococcus** Do not form regular cell groups. Pathogenic species are commonly designated Staphylococcus.
- Sarcina.** Form cubical bundles of cells.
- Streptococcus.** Occur in chains of 2 or more cells. Ferment sugars producing lactic acid. There are two main groups : (a) Homofermentative — from glucose produce lactic acid and only traces of other products. Species :
Pathogenic : **S. pyogenes**, **S. agalactiae**.
Thermoduric : **S. faecalis**, **S. liquefaciens**, **S. thermophilus**.
Milk types : **S. lactis**, **S. cremoris**.
(b) Heterofermentative — from sugars produce lactic and acetic acids, ethyl alcohol and CO_2 . Frequently classified as a separate genus *Leuconostoc* (or *Betacoccus*).
Species : **S. Kefir**, **S. citrovorus**.

Gram — positive bacilli that do not form spores

- Lactobacillus.** Aciduric. Prefer anaerobic conditions. Fermentation products identical with those of streptococci. Divided into :
(a) Homofermentative and (b) Heterofermentative groups.
Examples of (a) : *L. bulgaricus*, *L. casei*, *L. plantarum*. (b) : *L. brevis*.
- Propionibacterium.** Ferment lactate and sugars forming propionic and acetic acids and CO₂. Prefer anaerobic conditions.
- Corynebacterium.** Pleomorphic. Frequently stain unevenly. Rods occur attached at acute angles after fission. Aerobes and facultative anaerobes.

ACTINOMYCETALES

- Mycobacterium.** The acid-fast bacilli. Aerobes.
Streptomyces. (Commonly known as Actinomyces in the past). Multiplication by conidia formed in chains by aerial hyphae. Mycelium not fragmenting.
- Micromonospora.** Multiplication by conidia borne singly on short conidiophores. Mycelium not fragmenting.
- Nocardia.** (Proactinomyces). Multiplication by fragmentation of the mycelium. Some types the segments may continue to multiply by binary fission. Conidia not formed. Aerobic.
- Actinomyces.** As previous but anaerobic or microaerophilic. Parasitic.

MYXOBACTERIALES

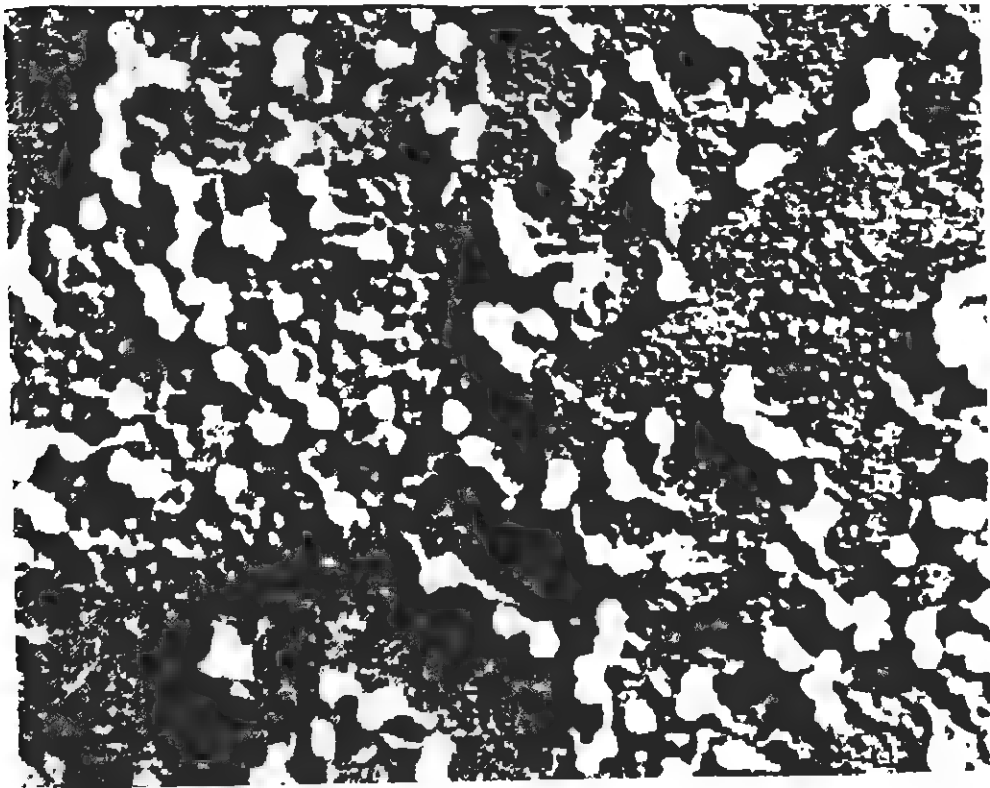
- Myxococcus.** Microcysts formed in dome-shaped fruiting bodies.
- Sporocytophaga.** Microcysts formed but fruiting bodies absent.
- Cytophaga.** Neither fruiting bodies nor microcysts formed.

SUPPLEMENT I. — Order Rickettsiales

Small, cylindrical, spheroidal or irregular shaped microorganisms, not filterable. Gram —ve Parasitic and pathogenic in man and animals. Associated with tissue cells.

SUPPLEMENT II. — Order Virales

The filterable viruses. Ultramicroscopic in size. Filterable. Parasitic and pathogenic for plants, animals, or microorganisms. Multiply or increase in concentration only in presence of susceptible living cells.



شكل ١٢
بكتريوفاج بكتريا القولون

SUBORDER I. — Phagineae

The bacteriophages : parasitic in bacteria.

SUBORDER II. — Phytophagineae

Viruses infecting higher plants.

SUBORDER III. — Zoophagineae

Viruses infecting insects and other animals.

بعض الفصائل الهامة التابعة للبكتريا :

١ - فصيلة *Eubacteriales* : وتحتوى على أبسط أنواع البكتريا ،
وهى منتشرة فى الطبيعة على نطاق واسع . وتحتوى على أنواع هامة من
الوجهة الطبية والزراعية والصناعية . وهى غير متفرعة عصوية أو كرية
أو منحنية . دور السكر فيها الجراثيم إذا كانت من جنس *Clostridium* &
Bacillus ، وهى أما سائلة أو موجبة لصبغة جرام .

٢ - فصيلة *Actinomycetales* : وهى البكتريا الشبيهة بالفطر ولها
ميسليوم *Mycelium* ومجموعها *Mycelia* متفرع . طور السكرن إذا
وجد يكون على هيئة كرنيدات . وهى موجبة لصبغة جرام عادة ، الهيفات
غير مقسمة ، وتكاثر بواسطة الكونيدات أو بتجزئة الهيفات .

وخواصها العامة :

الصبغات : موجبة لصبغة جرام ، والبعض مقاوم للأحماض *Acid fast*
الخواص المورفولوجية : عصويات متفرعة أو هيفات ولا تكون
جراثيم داخلية *Endospores* .

الحركة : غير متحركة .

أنزيم الكتاليز : تفرز أفراد هذه الفصيلة أنزيم الكتاليز عادة .
المجاميع : متماسكة غير منتظمة ملتصقة تماما بالبيئة - جافة حيوية .
النمو : تنمو بعد ٢ - ٣ أسبوع على البيئات الصناعية .
تأثيرها على الكروايدرات : لا تكون أحماض عادة - البعض يحلل
السليلوز .

تأثيرها على البروتينات : الكثير منها يهضم البروتينات .
تغذيتها : بعضها أوتوتروفية ولكن بعضها هيتروتروفى ، إذ يحتاج إلى
كربون وفترجين عضوى .

هذا وتستطيع معظم الميكروبات التابعة لهذه الفصيلة أن تحلل كثيراً من المواد العضوية المعقدة التركيب مثل الفينول والكاولتشوك والبرافين، وهذه من مميزاتها ، وإذا فإنها تلعب دوراً هاماً في التربة الزراعية بتحليلها للمواد المعقدة التركيب .

حاجتها للأكسوجين : معظمها هوائية ماعدا عائلة Actinomyces

حاجتها للماء : تحتاج للماء بنسبة قليلة .

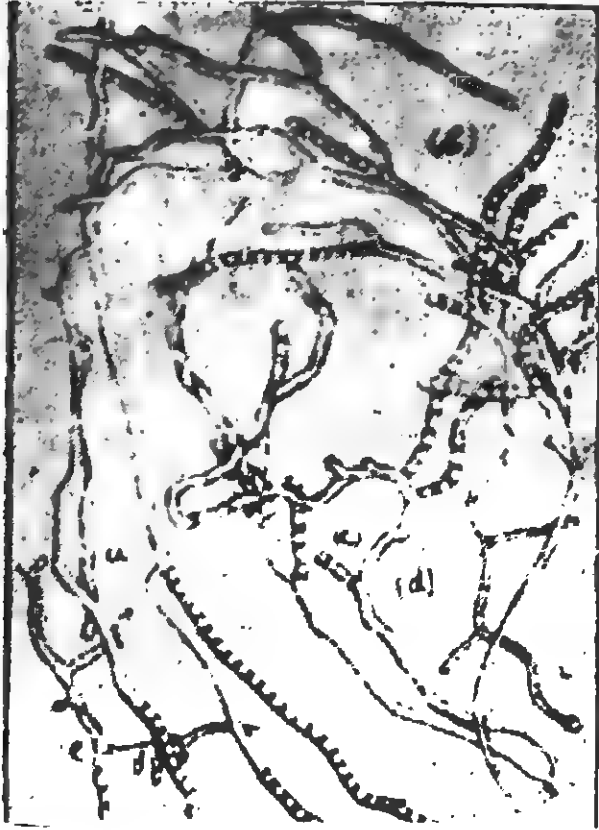
الحرارة : بعضها ميزوفيلي والبعض الآخر ثروفيلى . الكرونيديا تقتل بالحرارة على درجة ٦٠ — ٦٥°م لمدة ١٠ — ٣٠ دقيقة .

تتميز عن الفطر بدقة سمك الهيفات التي تتراوح بين ١ — ١.٥ ميكرون في السمك، وهذه الخاصية تميزها عن الفطر (عرض هيفا الفطر ٥ ميكرون تقريباً) مع عدم وجود نواة ظاهرة . ويجب أن لا يخطأ بين الحبليات بالفجوات مع النواة . لا يوجد فرق في الجنس الذي يلاحظ في الفطريات.

وأهم الأجناس التي تتبع هذه الفصيلة حسب تقسيم برجنى الآتى :

(أ) Mycobacterium : ميكروبات هوائية مقاومة للأحماض ، ليس لها ميسليوم . الخلايا عصوية غير منتظمة قد تكون متفرعة ، وأهم الأنواع التي تنتمي إلى هذا الجنس ميكروب السل Myco. tuberculosis .

(ب) Streptomyces : وتتميز بوجود نوعين من الهيفات - الهيفات الملتصقة بالبيئة والهيفات الخرائية ، وهى متفرعة مستقيمة أو حلزونية غير مقسمة ، والخرايم تسمى كونيديا Conidia . والمجاميع على البنيات الصلبة متماسكة وملتصقة بالبيئة ولها شكل دقيق أو ترابي، تعيش في الأراضي وتعطى الرائحة الخاصة بالتربة . لا تتكاثر بالتجزئة . بعضها متطفل على النباتات مثل Streptomyces scabies الذي يسبب الجدرى العادى بدرنات البطاطس ، وبعضها يفرز مضادات الحيوية مثل الأستربتوميسين والذي يفرزه الميكروب Streptomyces griseus .



(شكل ١٣)

Streptomyces griseus

a, b, c أجزاء من الهيفات الهوائية
d, f جراثيم ثابتة مكونة من أنبوبة أنبات
واحدة أو اثنين



(شكل ١٤)

Micromonospora

الكونيدى الواحدة محملة على حامل كونيدى

(ج) *Micromonospora*

يوجد بالأراضي ، وهو قسم
غير هام ويتكاثر بالكونيديات
المحمولة مفردة على حامل
كونيدى ولا تتكاثر بالتجزئة

(د) *Nocardia* : لها

ميسليوم يتجزأ إلى خلايا
عصوية ، وكل خلية تتكاثر
وتكون ميسليوم وهكذا . وفي
بعض الأنواع كل جزء ينقسم
بالانقسام الثنائي البسيط ، وتسمى
أحيانا *Proactinomyces* .

الكونيديات تتكون بتاتا ، هوائى ،
توجد بالتربة ، مقاومة للأحماض
من حيث الصبغة ؛ بعضها
يتطفل في المناطق الحارة ،
ومنها ما يصاب عارى الأرجل ،
ويسببه ميكروب

Nocardia madura

(هـ) *Actinomyces*

وهو يشبه *Nocardia* ولكنه
ينمو نمواً غير هوائى أو محب
للنمو في الوسط الغير هوائى
وسر متطفل ومنها ما يسبب
تورم الفك *lumpy jaw* ويسببه
Actinomyces bovis ميكروب

ويخرج الميكروب مع الصديد على
هيئة حبيبات *Granules*

٣ — فصيلة "Slime bacteria" The Myxobacterales

الخلايا عصوية تتكاثر بالانقسام الثنائي وتشبه في ذلك ال Eubacterales إنما تميز عن الأخيرة بصفتين : الأولى الحركة الإنزلاقية حيث أنها لا تملك فلاجلات أو الثانية مرونة جدر الخلايا . كما أن الخلايا تفرز مادة لزجة تستعملها في الحركة ، كثير من الأجناس تكوّن خلايا كرية أو بيضية تعرف بالحويصلات Microcysts وذلك بانكماش وإستدارة الخلايا العصوية وهذا هو دور السكرن وللمكسوكيترياليس القدرة على تكوين الأجسام الثمرية Fruiting bodies or cysts وهذه يمكن رؤيتها بالعين المجردة وتكون داخلها أو عليها الحويصلات ، وتكوّن الأجسام الثمرية من تجمع آلاف من الخلايا الخضريّة على شكل أكوام في مريض من المجموعة البكتيرية ، وفي جنس Myxococcus يتكوّن الجسم الثمرى من الخلايا العصوية المتجمعة التي تتحول إلى Microcysts فتكون قطرة صغيرة لامعة ملونة بلون واضح قطرها ١ مم .

وفي جنس

Chondromyces

يظهر الجسم الثمرى على هيئة شجرة صغيرة يتكوّن ساقها وفروعها من المادة اللزجة الجامدة مخلوطة بالخلايا الخضريّة وفي نهاية الفروع توجد حويصلات كبيرة قطرها ٢٠-٥٠ μ تحتوى كل منها على آلاف من الحويصلات .



شكل ١٥

اسميوفاجا - تحلل السليولوز هوائيا

وليس كل الـ Myxobacteriales قادرة على إنتاج الأجسام الثمرية مثل

السيتوفاجا Cytophaga .

والـ Myxobacteriales

من الأنواع التي

تعيش على المواد الميتة

Saprophytes وتوجد

أصلاً في التربة .

والسيتوفاجا نشيطة جداً

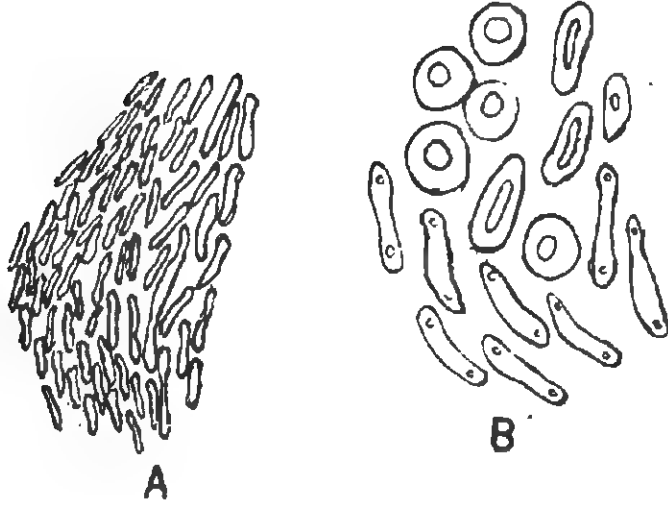
في تحليل السليولوز تحت

شروط هوائية . ومعظم

Myxobact.

التي تكون أجزاء ثمرية

لا تقدر على تحلل السليولون .



(شكل ١٦) الميكسوبكتيريا
خلايا خضرية الميكسوبكتيريا تتحرك
على الاجسام الصلبة
تحول الخلايا الخضرية الى
مكروست

A

B

والاحتياجات الغذائية لهذه المجموعة غير معروفة . والمعروف أنها

تنمو بسهولة في السماد البلدي .

ويمكن عزلها بتعقيم جزء من

سماد الاسطبل وينثر على تربة

مرطبة بقليل من الماء وبعد

أسبوع أبحث في أجزاء السماد

عن هذه الميكروبات فتجد

الأجسام الثمرية .

والمعروف أن كثيراً من

أنواع الـ Myxobact. قادرة على

إذابة كثير من البكتيريا

الحقيقية والفطر . وإذا يمكن

تنميتها في المعمل على مزارع

بكتريا ، والظاهر أن نموها على



شكل ١٧
اشكال مختلفة لاجسام ثمرية في
الميكسوبكتيريا

على السهاد البلى راجع إلى إحتوائه على نسبة كبيرة من البكتريا .

. وأهم الأجناس التى تتبع هذه الفصيلة الآتى :

١ - ميكسوكوكس *Myxococcus* تكون الأجسام الثمرية التى يوجد بداخلها الميكروسست .

٢ - اسبوروسيتروفاجا *Sporocytophaga* تكون الميكروسست، ولكن لا تكون أجسام ثمرية .

٣ - السيتروفاجا *Cytophaga* لا تكون أجسام ثمرية ولا ميكروسست..

الفرق بين البكتريا والفطريات

تختلف البكتريا عن الفطر من حيث بعض عوامل البيئة المذكورة بعد فى الآتى :

١ - الرطوبة :

تنمو الفطريات فى الوسط الجاف عن البكتريا لأن الأولى دائما غير مائية ولكن الخيرة أشبه البكتريا فى أنها تحتاج إلى وسط أكثر رطوبة، ولا بد من توفر الرطوبة اللازمة حتى تنمو البكتريا بنجاح .

٢ - كل الفطريات هتروتروفية بينما البكتريا بعضها أوتوتروفية والبعض الآخر هتروتروفية .

٣ - الحاجة إلى الأكسجين :

كل الفطريات هوائية حتما أى لا تنمو إلا فى وجود الأكسجين، بينما تنمو البكتريا فى الظروف الهوائية وبعضها تنمو فى الظروف اللاهوائية . والبعض الآخر يستطيع أن ينمو فى كلاً الحالتين (لا هوائى اختياري)

وتستطيع الخميرة أن تنمو في الظروف اللاهوائية . ويستفاد من ذلك في عملية التخمير الكحولي .

٤ — الحموضة : (الرقم الأيروجيني pH)

الفطريات تحتاج إلى وسط حامضي لنموها ، ويمكنها أن تتحمل حموضة مرتفعة . فمثلا قليل من البكتيريا يمكنه أن يتحمل درجة pH ٤ بينما معظم الفطريات وكذا الخميرة تستطيع أن تعيش بنجاح في هذا الوسط . والبيئة المناسبة لنمو الفطريات يتراوح الرقم الأيروجيني pH من (٤ إلى ٥,٤) بينما هذه الحموضة لا تناسب معظم البكتيريا ، وبذلك يمكن إيقاف نمو الأخيرة بالتحكم في البيئة، وتسمى البيئة في هذه الحالة بيئة منتقبة Selective medium بينما البيئة التي تميل إلى القلوية تناسب نمو البكتيريا

٥ — النائج النهائية لتحليل المواد :

معظم الفطريات تحول المواد الغذائية إلى $C_6H_{12}O_6$ ، ولكن بعض الفطريات (الخميرة) إذا وجدت في جو نسبة الأكسجين به قليلة فإنها تنتج الكحول . ولكن إذا توافر الأكسجين فإن الكحول يتأكسد إلى $CO_2 + H_2O$. يمكن للفطريات أن تحلل البروتينات Proteolytic حتى في الوسط الحامضي وهذه تختلف عن البكتيريا التي تحتاج إلى وسط يميل إلى القلوية .

الباب الثالث

تركيب التربة الزراعية

التربة الزراعية بيئة معقدة التركيب وتتركب من الآتى :

١ - الحبيبات المعدنية : Mineral particles

تتكون من حبيبات الرمل والطين والسلت Silt وتختلف في حجمها . وتتميز الأراضي بعضها عن بعض حسب نسبة الحبيبات المختلفة بها ، وفيما يلي جدول رقم (١) يبين نسبة الحبيبات المختلفة في الأراضي الرملية والطينية ، وهذا التقسيم متبع في وزارة الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية (Waksman & Starky) .

جدول (١)
تقسيم التربة الزراعية على أساس حجم حبيباتها

الجزئيات	الحجم بالمليمترات	تربة رملية ٪	تربة طينية ٪
Fine gravel	١,٠٠ — ٢,٠٠	١	١
Goarse Sand	٠,٥٠ — ١,٠٠	٢	٢
Medium Sand	,٢٥ — ,٥٠	٣	٢
Fine Sand	٠,١ — ,٢٥	٢٢	٦
Very Fine Sand	,٠٥ — ,١٠	٣٥	١١
Silt	,٠٠٥ — ,٠٥	٢٤	٤١
Clay	أقل من ,٠٠٥	١٣	٢٧

٢ - المواد العضوية :

وهذه تتضمن سيقان وأوراق النباتات والجذور والحشرات الميتة وبقايا الحيوانات والأسمدة العضوية ، بعضها تحلل وبعضها في طريقه للتحلل وأخرى لم تتحلل بعد ويطلق على المواد العضوية المتحللة إسم الدوبال "humus".

٣ - الكائنات الحية وخاصة الميكروبات :

وهي جذور النباتات الراقية والحيوانات التي تبدأ من البروتوزوا إلى الحشرات إلى ديدان الأرض ، ثم النباتات الدنيئة مثل الطحالب والفطريات والأكتينومييسس والبكتريا .

٤ - الماء :

يوجد الماء في صورة غشاء حول الحبيبات كما يوجد الماء الهيجروسكوبي hygroscopic . ويحتوى الماء عادة على الأملاح المعدنية والمواد العضوية الذائبة .

٥ - الغازات :

وتشمل الأكسوجين وثنائى أكسيد الكربون والنيتروجين وهى أهم الغازات الموجودة فى التربة وقد توجد غازات أخرى أقل أهمية مثل الميثان وغيرها .

الدوبال

عند ترك بقايا النباتات والحيوانات فى التربة الزراعية فإن الميكروبات مثل البكتريا والأكتينومييسس والبروتوزوا والفطريات والديدان تبدأ فى تحليلها .

ونتيجة لذلك يتحول بعضها إلى غازات والبعض الآخر يبنى في خلايا هذه الميكروبات Microbial cell substance ومايتبقى في النهاية هو عبارة عن مادة سوداء متجانسة تسمى الدوبال .

وتختلف درجة تكوين الدوبال وكميته باختلاف التركيب الكيماوى والطبيعى للمواد المتحللة ونوع التربة وأنواع الميكروبات التى بها والعوامل الأخرى ، مثل الحرارة والرطوبة والتهوية والخوضنة أو القلوية فى التربة . ولقد تمكن Forsyth من فصل الدوبال إلى أربعة أجزاء :

١ - الجزء الأول : ويوجد بكمية قليلة ويحتوى على مواد عضوية قابلة للذوبان فى الماء مثل السكريات والأحماض الأمينية .

٢ - جزء يحتوى على فينيل الجليكوزيدات والتينينات

٣ - مشتقات من حامض الجلوكورنيك glucuronic تحتوى على جلوكوز - زيلوز - رمنوز - والظاهر أن مصدر هذا الجزء الميكروبات وليست التربة

٤ - جزء غنى بالنيتروجين ويحتوى على بنتوزات وفوسفات عضوى . كما أن بعض العلماء أمكنهم تقسيم الدوبال إلى مركبات باستعمال المذيبات كالآتى (عن كومبر) :

قابل للذوبان فى المحلول القلوى (٧٥٪) ، غير قابل للذوبان فى المحلول القلوى (٢٥٪) .

لا يرسب بالأحماض ٤٠٪ يرسب بالأحماض ٣٥٪

يدوب فى الكحول ٢٠٪ لا يدوب فى الكحول ١٥٪

لا يدوب فى
Pyridine

يدوب فى
Pyridine

ولقد وجد أن طن واحد من المواد العضوية (وزن جاف) إذا حث في الأرض فإنه يعطى بعد حوالى ١٠ - ٢٠ يوماً حوالى ١٠٠٠ - ١٢٠٠ رطل،
تحتوى على سليولوز وبنترول ودهون ولجنين وشموع وكمية كبيرة من المواد
الممثلة الثانوية الناتجة عن نشاط الميكروبات ، وكل المواد البروتينية تحتقى
وينتج عنها بروتين ميكروبي وأمونيا وتترات :

أنواع الدوبال :

توجد أنواع مختلفة من الدوبال تسمى بالنسبة للأرض الناتجة منها ،
فمثلا دوبال الأراضي الزراعية وهذا ينتج من تحلل بقايا النباتات وجذورها
وأوراقها المتساقطة في الأراضي الزراعية ، وبالمثل دوبال الحدائق ودوبال
أراضي المراعى ودوبال الغابات وغيرها .

بعض النباتات قد تتحلل سريعاً في التربة الزراعية تاركة قليلاً جداً من
الدوبال ، والبعض الآخر يتحلل ببطء تاركة كمية كبيرة من الدوبال . وهذا
طبعاً يتوقف على نوع النبات وعمره وكذا على نوع الأرض وخواصها
الطبيعية والكيمائية كحجم الحبيبات ، فتتحلل المواد العضوية بسرعة في
الأراضي الرملية والجيرية ، والعكس يحدث في الأراضي الثقيلة ، وكذا
درجة الحموضة ، والمواد المغذية بالتربة ونوع الميكروبات المحللة ، كذا
وجود العناصر المعدنية الأخرى اللازمة لهذه الميكروبات .

كذلك يتوقف تكوين الدوبال على الدورة الزراعية وإستعمال الأسمدة
المعدنية والأسمدة العضوية وكذا الخضراء (كالبرسيم القلب) والأسمدة
الناتجة من روث الحيوانات وكذا الحيوانات الموجودة في الحقل . كذلك
يلعب الطقس دوراً هاماً في تحليل المواد العضوية وبالتالي في كمية الدوبال الذى
يتراكم بالتربة ، فقد يوجد الدوبال في بعض الجهات بنسبة كبيرة جداً ، ومن
أمثلة ذلك الأراضي الحامضية في المناطق الباردة (كأراضي الغابات) فتسمى

هذه التربة دوبالية Peaty Soil . وتجدر الإشارة إلى أن مثل هذه المناطق قد تحول الدوبال فيها إلى خم في العصور الغابرة ، إلا أن هذا لا يوجد في الجهات الحارة حيث تتحلل المواد الدوبالية بسرعة عظيمة فلا يمكن أن تترك في التربة بنسبة عالية .

تختلف عادة نسبة الدوبال بالتربة على حسب الظروف المحيطة . فقد تقل عن ١٪ وقد تزيد عن ٢٠٪ . وتعتبر التربة فقيرة في الدوبال إذا احتوت على أقل من ١٪ في التربة الرملية ، ٢٪ في التربة الطينية . كما يقال أنها غنية في الدوبال إذا احتوت التربة الرملية على ٤ — ٨٪ دوبرال والثقل على ٥ — ١٠٪ ، كما تسمى دوبالية إذا احتوت على ١٥ — ٢٠٪ في التربة الرملية والطينية على التوالي .

الدوبال هو الناتج النهائي لعملية التحلل لبقايا النباتات والحيوانات، وهذا ليس معناه أن الدوبال يقاوم التحلل بل أن التحلل يحدث ولكن ببطء . وبما تجدر الإشارة إليه أن تحلل هذا أبطأ بكثير من تحلل المادة العضوية النباتية أو الحيوانية المتكون منها . لذلك يمكن القول أن الدوبال هو عبارة عن مادة عضوية طبيعية في حالة تحلل وتكوين مستمر dynamic equilibrium

وتكوين الدوبال يختلف باختلاف المواد المتكون منها ، وحيث أنه يتكون من تحلل هذه المواد السابق ذكرها (بقايا نباتية-حيوانية-ميكروبية) بفعل الميكروبات ، لذلك يختلف تركيبه باختلاف أنواع الميكروبات الموجودة في التربة الزراعية والمحملة للمواد العضوية المتكون منها الدوبال ، وكذلك الظروف الطبيعية المتكون تحتها ، فمثلا التركيب الكيماوى للدوبال الناتج عن الأراضي القلوية يختلف عنه في الأراضي الحامضية ، وكذا الناتج عن أراضي الغابات يختلف عن الناتج من الأراضي الزراعية ، وكذا المتكون في البحار يختلف عن المتكون في الأنهار ذات المياه العذبة .

خواص الدوبال ووظيفته :

الدوبال مادة ذات لون بني غامق أو أسمر ، غير قابلة للذوبان في الماء ولو أن بعضا منها يكون محلولاً غروباً في الماء النقي ، ويزوب في السوائل القلوية وخاصة بالغليان ليكون محلولاً داكن اللون ، ولكن يترسب بإضافة الأحماض المعدنية .

تركيبه الكيماوى :

يحتوى الدوبال على نسبة من الكربون أكبر منه في النباتات أو الحيوانات أو الميكروبات ، وعادة يحتوى على ٥٥ - ٦٠ ٪ بمتوسط ٥٨ ٪ ، ويحتوى الدوبال على كمية كبيرة من النتروجين من ٣ - ٦ ٪ ، وقد يكون أقل أو أعلى في بعض الأحيان ، ونسبة الكربون إلى النتروجين تقرب من ١٠ : ١ غالباً . ولكنها تتوقف على حسب طبيعة تكوين الدوبال (إذا كان دوبال الأراضى الزراعية أو الغابات . . . الخ) وطور تكوينه وطبيعة وعمق التربة المأخوذ منها وغيرها . .

وتركيب الدوبال الكيماوى ليس ثابتاً بل يتغير باستمرار *not static* but dynamic لأنه يتكون باستمرار من بقايا النباتات والحيوانات والميكروبات التى هى فى تحلل مستمر . ويستعمل الدوبال كمصدر للطاقة للميكروبات الموجودة بالتربة الزراعية ونتيجة لتحلله باستمرار يتكون كـ CO_2 ، وأمونيا . وللدوبال القدرة الكبيرة على تبادل القواعد وعلى الاتحاد بالمواد المعدنية الموجودة بالتربة . ويعتبر الدوبال مادة مستديمة ، يستمد منها النبات باستمرار الغذاء عن طريق تحلله بالميكروبات ، وكذا يتحكم الدوبال فى عدد ونوع الميكروبات الموجودة بالتربة ، كذا نشاطها ، إذ يمدّها بالمواد العضوية والغير عضوية اللازمة لها ، وإذا وجد بكثرة فى التربة الزراعية يدل ذلك

على أن التربة خصبة لأنه المخزن الذي يستمد منه النباتات حاجتها من العناصر مثل : فو ، كا ، مغ ، كب ، ح ، من ، وغيرها من المعادن كذلك قابلية هذه العناصر للامتصاص تتوقف على التفاعلات التي تحدث بينها وبين المواد غير عضوية بالتربة ، كذا خواصه الغروية وخواصه التنظيمية وامتصاصه للمواد الضارة التي تؤثر في نمو النباتات ، وكذا إمداد النباتات بالعناصر النادرة وتأثيره على تركيب التربة والسعة المائية واحتفاظ التربة بالحرارة .

وظائف الدوبال في التربة الزراعية تتلخص في الآتي :

١ — طبيعية :

يؤثر الدوبال في لون وقوام وتركيب التربة وكذا على قدرة الأرض على الاحتفاظ بالرطوبة والانتفاخ والسعة الحرارية .

٢ — كيمياوية :

(أ) يتفاعل الدوبال مع معادن التربة ويتحد معها ويبقى مدداً للنبات في غذائه .

(ب) يذيب الدوبال بعض المعادن غير القابلة للذوبان ويجعلها صالحة لتغذية النبات .

(جـ) نتيجة لتحلل الدوبال يتكون الأزوت ، وهذا غذاء للنبات ، ويتكون أيضاً كـ إم الذي يساعد على إذابة بعض العناصر الغير ذائبة ، كما يزيد في قدرة الأرض التنظيمية Buffering capacity .

٣ — بيولوجية :

(أ) الدوبال غذاء لميكروبات التربة ومصدر لطاقتها فيزيد في خصوبة التربة .

(ب) الدوبال ينشط العمليات الحيوية بالتربة فيزيد أيضا في خصوبتها .

الكائنات الحية في التربة وخاصة الميكروبات

إن دراسة ماتحتويه التربة من الميكروبات تقدمت تقدما سريعا في الخمسين سنة الماضية . وقد اهتم باحثون بعدد الميكروبات الموجودة بالتربة ، واهتم البعض الآخر بنوع هذه الميكروبات ، واهتم آخرون بالدور الذي تلعبه هذه الأنواع في التربة .

وعادة تستعمل طريقة العد بالأطباق Plate count لعد البكتريا في التربة الزراعية باستعمال الآجار المغذى أو الآجار المحتوى على مستخلص التربة الزراعية أو الجلوتين المغذى ، وهذا كله يعطينا فكرة عامة عما تحتويه التربة من عدد هذه الميكروبات وكذا الأنواع الموجودة بها .

ولكن هذه الطريقة ولو أنها معتمدة من الهيئات العلمية إلا أن لها عيوباً فمثلاً : استعمال البيئة الصناعية المذكورة تنمى أنواع مخصوصة من البكتريا بينما لا تقوى ميكروبات أخرى على النمو مثل البكتريا اللاهوائية التى لن تنمو على الأطباق إلا إذا حفظت تحت الشروط الغير هوائية ، كذا الميكروبات الأوتوتروفية لن تنمو إذا استعملت بيئات تحتوى على كربون و نيتروجين عضوى ، كذلك لمخوضه البيئة أثر كبير فى عزل الميكروبات ، فمثلاً البيئة الحامضية تعزل الفطريات ، بينما البيئة التى تميل إلى القلوية تعزل البكتريا .

وتستعمل أيضاً طريقة العد المباشر بائيكوسكوب

Direct microscopic count

وتتلخص فى صبغ كمية معلومة من معلق التربة على مساحة معلومة فوق شريحة زجاجية ثم عد البكتريا فى عدة حقول ميكروسكوبية ، وبطريقة احصائية تستطيع أن توجد عدد الميكروبات فى الجرام الواحد من التربة

وعيب هذه الطريقة أنها صعبة الإجراء ولا يستطيع القيام بها غير المتمرنين لأنه يلتبس أحيانا في التمييز بين حبيبات التربة والميكروبات .

تستعمل أيضا طريقة لصق الشريحة بالتربة Contact Slide وذلك بأن تغرس شريحة زجاجية نظيفة في التربة وتترك مدة ، وبعد ذلك تصبغ . وهذه الطريقة مفيدة إذ أنها تعطينا فكرة عن نوع الميكروبات وتوزيعها في التربة

وتفضل الطريقة الأولى وهي طريقة الأطباق في تقدير عدد البكتريا وحصر الأنواع الموجودة وميزاتها لأنها تعطينا فكرة عن عدد الميكروبات الحية التي يمكن عزلها لدراسة أنواعها .

ولقياس نشاط الميكروبات في التربة يضاف قليل من التربة إلى محلول يحتوي على بيتون أو سليولوز أو أملاح الأمونيا أو النيترات . إلخ . وتحفظ على درجة حرارة معلومة وتحلل هذه المحاليل كيميائيا لمعرفة ما تم في تحللها وهذه الطريقة تسمى Solution method وقد حلت محلها طريقة Soil Method وفيها تضاف كمية معلومة من مادة ما وكمية من التربة معلوم وزنها وتعزل الرطوبة إلى الدرجة المثلى وتحفظ على درجة حرارة معينة أو معلومة ثم تحلل كيميائيا بعد ذلك وتسمى هذه الطريقة Beaker or Tumbler method

ما تحتويه التربة من ميكروبات

Occurence of specific Microorganisms in the Soil

قسم العالم فتوجرادسكي Winogradsky الميكروبات التي توجد بالتربة إلى قسمين كبيرين :

١ - ميكروبات تعيش بالتربة باستمرار — ولكل نوع من التربة ميكروبات خاصة بها وسمى هذا القسم Autochthonous أي Native ، فالأراضي الحامضية مثلا لها ميكروبات خاصة تعيش بها باستمرار ، وهذه تختلف عن الأراضي القلوية في أنواعها وصفاتها . إلخ .

جدول (٢)
عدد الميكروبات في الجرام الواحد من التربة (وزن جاف) مقمرا بطريقة
الميكروسكوب المباشرة (عن دششارد)

عدد الفطريات	عدد البكتيريا			العمق	نوع التربة
	ازوتوبكتيريا	عموية	سكروية		
٤٧,٠٠٠,٠٠٠	١,٠٠٠,٠٠٠	١,٢١٢,٠٠٠	١,٣٧٩,٠٠٠	سطحي	أراضي غابات
٣٤,٠٠٠,٠٠٠	٣١,٠٠٠,٠٠٠	٤٦٦,٠٠٠	٩٩١,٠٠٠	١٠ سم	
٧,٠٠٠,٠٠٠	—	١٦٩,٠٠٠	٢٨١,٠٠٠	٢٠ سم	
٥,٠٠٠,٠٠٠	٨٤,٠٠٠,٠٠٠	٣٧٦,٠٠٠	٨٧٠,٠٠٠	سطحي	Brown Loam
٣,٠٠٠,٠٠٠	١,٠٠٠,٠٠٠	١٠٦,٠٠٠	٥٦٩,٠٠٠	١٠ سم	
٣,٠٠٠,٠٠٠	٧٩,٠٠٠,٠٠٠	١٩٢,٠٠٠	٥١٩,٠٠٠	سطحي	
١٩,٠٠٠,٠٠٠	٢٣,٠٠٠,٠٠٠	١٥٣,٠٠٠	٤٠٧,٠٠٠	١٠ سم	Sandy Soil
٣,٠٠٠,٠٠٠	٨,٠٠٠,٠٠٠	١٣٩,٠٠٠	٢٦٩,٠٠٠	٢٠ سم	
					تربة رملية

جدول (٣)
عدد البكتريا بالجرام الواحد مقدرا بطريقة العدد بالاطباق

نوع البكتريا	تربة الحديقة	تربة قرب حفرة	تربة الغابات المساقطة الأوراق	١,٠١٠,٠٠٠
عدد البكتريا النامية على الأطباق عند استعمال الجلاتين المغذى كبنية لنموها .	٨,١١٦,٠٠٠	١٠,٦٤٠,٠٠٠	١,٤٤٢,٠٠٠	١,٠١٠,٠٠٠
عدد البكتريا اللاهوائية	٦٣٢,٠٠٠	٨٢٠,٠٠٠	٤٤,٠٢٠	٨٠,٢٠٠
عدد البكتريا الهوائية المثبتة لآزوت الهواء الجوى	٢,٦٢٠	٦,٠٤٠	—	—
عدد البكتريا اللاهوائية المثبتة لآزوت الهواء الجوى	٨,٢٠٠	٤,٤٢٠	٤٦٠	٤٤٠
عدد بكتريا التنازلات	٢,٦٢٠	٢,٢٠١	٢٠٠٠	٢٠٢٠
عدد البكتريا اللاهوائية المحملة للسيلولوز	٤٠١	٤٢٠	١	١

٢ — ميكروبات تنمو فقط تحت ظروف خاصة — كأن تعامل التربة بالأسمدة العضوية أو الأسمدة الخضراء أو أسمدة معدنية ، وقد تشجع العمليات الزراعية مثل الحرث والعزق (التهوية) على نموها ، وتسمى هذه الميكروبات Zymogenic .

وإلى هذين القسمين أقترح وكسمان إضافة قسم ثالث وهو :

٣ — الميكروبات التي تجد طريقها إلى التربة بواسطة التلقيح Transient microbes — مثل ميكروبات العقد الجذرية والأزوتوباكتر وغيرها ، أو تلك الميكروبات التي تجد طريقها إلى التربة تلقائيا كالتى تأتي عن طريق روث الحيوانات أو عن طريق البذور الملوثة بالميكروبات المرضية وهذه قد تموت بسرعة أو قد تعيش بالتربة لمدة مختلفة وذلك فى حالة وجود العائل المناسب سواء أكان نبات أو حيوان .

ولدراسة هذه الميكروبات عموما ، تعزل فى هيئة مزارع نقية ، ثم تدرس خواصها المورفولوجية والفسولوجية ، ولهذا فعزلها فى مزارع نقية من الأهمية بمكان . فىمكن دراسة الفطريات والأكتينوميسيس والبكتريا الهتروتروفية بعزلها فى مزارع نقية بطريقة الأطباق المصبوبة أو المخطوطة . إلا أن بعض الميكروبات يتطلب عزلها طرق خاصة ومهارة فائقة وجهد كبير ، مثال ذلك البكتريا الأوتوتروفية ومعظم البروتوزوا وبعض أنواع من الفطريات . وتستعمل عادة عدة مراجع خاصة للتعرف على أنواع البكتريا مثل Bergy's manual وكتاب Waksman's actinomycetes وكتاب Gilman's Soil fungi

وفى ما يلى أهم الأحياء الدقيقة التى تحتوىها التربة :

١ — البكتريا: Bacteria

وتشمل الميكروبات المتجربة وغير المتجربة والكربية والمنحنية (شكل حرف و) والحلزونية الهوائية واللاهوائية واللاهوائية اختياريا والأوتوتروفية والهتروتروفية. ويختلف عددها باختلاف التربة وخصوبتها

وعادة يتراوح ذلك بين ١ - ١٠٠ مليون ميكروب في الجرام الواحد عند العد بطريقة الأطباق، وإذا حسب ذلك الرقم فإنه يساوى عشر حجم الجرام، لذلك لا نكون مبالغين إذا أسمينا التربة بالأرض الحية . وعند العد بطريقة الميكروسكوب المباشرة فإن العدد يزداد زيادة كبيرة قد تصل أحيانا إلى ٢٠٠٠ مليون ميكروب في الجرام الواحد .

والميكروبات غير المتجترمة توجد بكميات كبيرة، أما المتجترمة فهي تكون من ٥ - ١٠٪ من المجموع الكلى للميكروبات . وجنس *Corynebacterium* وهي عصويات موجبة لصبغة جرام توجد بكميات كبيرة في التربة الزراعية . وجد بعض الباحثين النسب الآتية من البكتريا بالتربة :

نوع البكتريا	النسبة في المائة
بكتريا كروية Cocco	٢ - ٨
بكتريا عصوية سالبة لصبغة جرام	١٣ - ٥١
بكتريا عصوية + لصبغة جرام	١٥ - ٥٣
بكتريا متجترمة	٦ - ١٠
ميكروبات أخرى	نسبة ضئيلة

ولقد درس لوخهد lochhead تغذية ميكروبات التربة ووجد اختلافا بينا بينها ، فالبعض بسيط التغذية يحتاج إلى أملاح معدنية ومواد عضوية بسيطة ، بينما الكثير منها معقد التغذية ، فيحتاج إلى فيتامينات وأحماض أمينية، كما أن البعض الآخر يحتاج إلى عوامل نمو مازالت مجهولة، وهذه توجد عادة بمستخلص الخميرة وكذا بمستخلص التربة .

وفيما يلي أعداد بعض مجاميع البكتريا وكذا أعداد البكتريا عند تغيير الرطوبة .

جدول (٤)

عدد البكترياذات الخواص الفسيولوجية المتشابهة في التربة
العدد مقدار في الجرام / وزن جاف

تحليل löhis	تحليل Stormer	مجاميع البكتريا
٤,٣٧٥,٠٠٠	٣,٧٥٠,٠٠٠	البكتريا المحللة للبيتون
٥٠,٠٠٠	٥٠,٠٠٠	البكتريا المحللة لليوريا
٥,٠٠٠	٧,٠٠٠	بكتريا التآزت
٥٠,٠٠٠	٥٠,٠٠٠	بكتريا عكس التآزت
٢٨٨	٢٥	بكتريا تثبت الأزوت الحوى

جدول (٥)

تأثير نسبة الرطوبة بالتربة على عدد البكتريا
عدد البكتريا مقدرا في الجرام الواحد وزن جاف ومحسوبا بالآلاف

العدد النسبي Relative Number %	عدد البكتريا	السعة المائية Holding capacity of Moisture %	كمية الرطوبة %
٣٣	٩٩٨٠	٣٠	٦,٥
٤٠	١١,٨٩٠	٥٠	١٠,٩
٥٥	١٦,٤١٠	٦٥	١٤,١
١٠٠	٢٩,٩٦٠	٨٠	١٧,٤
٨٤	٢٥,٢٨٠	١٠٠	٢١,٧

٢ — الاكتينومايستالس : Actinomycetales

وتوجد في التربة بنسبة عالية وتشمل الأجناس المهمة الآتية :

Streptomyces, Micromonospora, Nocardia

والقسم الأول والثاني مهمان في التربة الزراعية—وهي بكتريا هوائية تحلل المواد المعقدة التركيب والصعبة التحلل مثل الكاوتشوك وشتين الحشرات والتينينات وغيرها . وبعضها مترمة والبعض الآخر متطفل . كما أن بعضها يفرز مواد مضادة لنمو البكتريا مثل الأستربتوميسين . ويختلف عددها من ١٠٠٠ — ١٠,٠٠٠,٠٠٠ في الجرام الواحد .

يختلف عدد الاكتينومييسس وكذا البكتريا باختلاف العمق عن سطح الأرض فيقل عادة كلما تعمقنا كما يتضح من الجدول الآتي :

جدول (٦)

عدد البكتريا والاكتينومييسس على الأعماق المختلفة لتربة زراعية (عن واكسان)
عدد الميكروبات محسوباً بالآلاف في الجرام الواحد تربة جافة مقداراً
بطريقة الاطباق

العمق بالوصات	البكتريا		الاكتينومايستس	
	العدد	%	العدد	%
١	٧٣٤٠	٩١	٧٤٣	٩
٤	٥٣٠٠	٨٥	٩٣٣	١٥
٨	٢٧١٠	٨٢	٦١٢	١٨
١٢	٩٥٠	٨٠	٢٣٩	٢٠
٢٠	٢٥٩	٥١	٢٤٦	٤٩
٣٠	١٢٤	٣٥	٢٤٠	٦٦

كما يختلف عدد الميكروبات أيضاً باختلاف الأراضي المختلفة ومعاملاتها
كما يتضح من الجدول الآتي :

جدول (٧)

تأثير المعاملات المختلفة على عدد الميكروبات في التربة الزراعية

المعاملات				العدد محسوبا بالآلاف للجرام من التربة وزن جاف
الرقم	الاسم	التركيب	البيوتاسيوم	الفطريات
٤٦	غير مسمدة		٣٠٠٠	١١٥٠
٦٤	معاملة بالجير		٥٢١٠	٢٤١٠
٥٥	معاملة بأسمدة معدنية		٥١٦٠	١٥٢٠
٥٤	معاملة بالأسمدة العضوية + المعدنية		٨٨٠٠	٢٩٢٠
٤١	معاملة بالأسمدة المعدنية + سلفات الأمونيوم		٢٦٩٠	٣٧٠
٥٨	معاملة بالأسمدة المعدنية + سلفات الأمونيوم + الجير		٧٠٠٠	٢٥٢٠
٥٥	معاملة بالأسمدة المعدنية + نترات الصوديوم		٧٦٠٠	٢٥٣٠

الاسمدة المعدنية — ٣٢٠ رطل من كلوريد البوتاسيوم و ٦٤٠ رطل من الفوسفات الحامضية لكل فدان في السنة .

يشاهد أن المعاملة بالجير تشجع نمو البكتريا والاكثنوميسيس ولا تشجع الفطريات، والمعاملة بالأسمدة المعدنية والحامضية مثل سلفات الأمونيوم تشجع نمو الفطريات ولا تشجع المجاميع الأخرى، ولكن المعاملة بالأسمدة العضوية تشجع جميع المجاميع سواء بكتريا أو أكتنوميسيس أو فطريات.

٣ — الفطريات Fungi

لإجراء عدها في التربة الزراعية غير دقيق نظراً لوجود الهيفات، ولكن الذي يعد فقط هو الجراثيم وهذا طبعا يعطي نتائج تقريبية، ولعدها يستعمل

طريقة الميكروسكوب المباشرة . أو العد بطريقة الأطباق على بيئات حامضية التأثير ولقد استعمل حديثاً بيئة آجار الروز بنجال Rose bengal agar وهي بيئة منتقبة تعزل الفطريات فقط وتحول دون نمو معظم البكتيريا ، وعادة يكون العدد مرتفعاً في الأراضي الحامضية التأثير . والفطريات هوائية حتماً ويتراوح العدد ما بين ١٠٠٠ — ١,٠٠٠,٠٠٠ ميكروب في الجرام الواحد . وتساعد الفطريات على تماسك حبيبات التربة بأن تعمل شبكة الميسليوم كروابط حول حبيباتها .

بعض أنواع الفطريات متطفلة والآخرى رمية وتفرز أحياناً مضادات الحيوية مثل البنسلين ، وهي تلعب دوراً مهماً في تحليل بقايا النباتات والحيوانات في التربة ، كتحليل السليولوز واللجنين والبروتينات .

وإعداد الفطر في التربة أقل بكثير من إعداد البكتيريا . ومن الأجناس التي توجد بكثرة في التربة الآتي : Rhizopus, Mucor, Zygorhynchus, Fusarium, Trichodermae, Aspergillus, Penicillium & Cladosporium

ولقد رتب بربرلي Brierley الأجناس المختلفة حسب وجودها في التربة إلى الآتي :

Fungi imperfecti وجد منه ١٩٧ نوعاً ينتمي إلى ٦٢ جنساً

Phycomycetes وجد منه ٥٦ نوعاً تنتمي إلى ١١ جنساً

Ascomycetes وجد منه ١٢ نوعاً تنتمي إلى ٨ أجناس

وعندما تضاف بقايا نباتات إلى التربة نجد أن عدد الفطر عموماً يزداد . وبالنسبة لنوع المادة العضوية المضافة قسمت أنواع الفطر إلى المجموع الآتية :

١ — الأنواع التي تنمو على الدوبال Humicolous

٢ — الأنواع التي تنمو على التربة Terrestrial

وجد جلبرت Gilbert أن نسبة المادة العضوية في التربة هي التي تشجع نمو هذه الفطريات . ومن ضمن العوامل الأخرى المؤثرة الرطوبة والضوء والحرارة وغيرها ، ولا شك أن لكل نوع من أنواع الفطر ظروف خاصة تشجع نموه .

وأما الأجناس التي تحلل السيلولوز ، فيلاحظ تكاثرها عند إضافة السيلولوز إلى التربة ، وهذه تتضمن :

Penicillium, Aspergillus, Trichoderma, Sporotrichum,
Fusarium, Chaetomium, Verticillium, Monosporia,

ولقد أثبت التجارب أن الفطر يقوم بدور هام في تحليل السيلولوز بالتربة والأسمدة الصناعية .

وفطر الميكوريزا Mycorrhiza Fungi ، وهي مجموعة خاصة من الفطر قادرة على مهاجمة أجزاء النبات الموجودة تحت سطح التربة للحصول على غذائها . قد تقوى النباتات على صد الهجوم وتذيب هيفات الفطر . في حالة المعيشة المذكورة التي تكون في صالح الكائنين الحيين تعرف بالميكوريزا Mycorrhiza or Fungus root . ولقد قسم Frank الميكوريزا إلى مجموعتين :

١ - Ectotrophic Mycorrhiza وهنا تكون هيفات الفطر سطحية بدون الدخول إلى أكثر من الـ Epidermis وتعمل عمل الشعيرات الجذرية للنبات .

٢ - Endotrophic Mycorrhiza - هنا تتخلل الهيفا داخل أجزاء الجذر كما يحدث في حالة نباتات Ericaceae, Orchidaceae, Eparidaceae ، ولقد لوحظ أن هناك تنشيط في نمو نباتات Ericaceae بواسطة الفطر ، والمعتقد أن ذلك راجع إلى إفساد أو امتصاص المواد السامة المجاورة لمنطقة الجذور .

والأنواع التي تحدث الميكوريزا تتبع الـ Basidiomycetes من (Agaricineae). ومن هذه الأنواع من هو متخصص للعيشة في جذور أنواع خاصة من الأشجار ولو أن هناك ما هو غير متخصص . ولقد وجد أنه بعد قطع غابة من الغابات فإن هذه الفطريات المتخصصة تختفي من التربة ولا تعود إلا بعد الزراعة ثانية . وجرائيم هذه الفطريات أجسامها لا تنبت على البيئات الصناعية .

ولقد قدرت طول هيفات الفطر في الجرام الواحد بالأراضي الخصبة فوجد أنها تتراوح بين ١٠ — ١٠٠ مترا ، ويتوقف ذلك على كمية المواد العضوية بالتربة .

٤- الطحالب:

(وتشمل الدياتوم) والطحالب الخضراء المزرقة .

وتحتوى على كاوروفيل ، لذلك تجدها تنمو على سطح التربة فقط . وهي لا تحتاج إلى مواد عضوية، وهي مهمة حيث أن بعضها يمكنه أن يثبت الأزوت الجوى وكذا ثاني أكسيد الكربون من الجو ، وبذلك تزيد من نسبة المواد العضوية في التربة الزراعية ويبلغ عددها حوالى من ١٠٠ إلى ٥٠٠,٠٠٠ / جرام

(جدول ٩)

تأثير التسميد والاعماق على عدد الطحالب بالتربة
العدد في الجرام الواحد

العمق بالبوصات	غير مسمدة	مسمدة
١ — ٠	١٦,٠٠٠	٦٢,٠٠٠
٢ — ١	١٠,٠٠٠	٢٨,٠٠٠
٤ — ٣	٢٨,٠٠٠	٥٦,٠٠٠
٦ — ٥	٤,٠٠٠	١٥,٠٠٠

٥ - البروتوزوا :

وتشمل Amoebae, Flagellates and Ciliates بعضها يشاهد في حوصلات Cysts وعددها يختلف من ١٠٠ - ٥٠٠,٠٠٠ / جرام تربة . ويمكن القول عموما أن عددها يتناسب تناسباً طردياً مع عدد البكتيريا في التربة حيث أنها تتغذى عليها، وتعتبر عدوة لها، وأنواع Flagellates هي الغالبة في التربة الزراعية وهي توجد في الأراضي الرطبة بكثرة .

(جدول ١٠)

تأثير التسميد على عدد الأميبا في التربة
عدد الأميبا في الجرام الواحد من التربة

تربة Broadbalk	تربة Barnfield	
٧٢٠.٠٠٠	٣٤٠.٠٠٠	مسمدة بالاسمدة الطبيعية
٤٨٠.٠٠٠	٢٦٠.٠٠٠	مسمدة بالاسمدة الصناعية
١٧٠.٠٠٠	٨٠.٠٠٠	غير معاملة

(جدول ١١)

العدد والوزن النسبي لخلايا البروتوزوا والبكتيريا في التربة

الفترة التي يقل بها عدد ميكروبات التربة		الفترة التي يزيد فيها عدد ميكروبات التربة		البروتوزوا « الفلاجلات الأميبا البكتيريا
العدد في الجرام الواحد	الوزن في الفدان مقدراً بالأرطال	العدد في الجرام الواحد	الوزن في الفدان مقدراً بالأرطال	
العدد في الجرام الواحد	الوزن في الفدان مقدراً بالأرطال	العدد في الجرام الواحد	الوزن في الفدان مقدراً بالأرطال	
٣٥٠.٠.٠.٠.٠	٧٨	٧٧.٠.٠.٠.٠.٠	١٧٤	
١٥٠.٠.٠.٠.٠	١٥٦	٢٨.٠.٠.٠.٠.٠	٢٩٤	
٢٢.٥٠٠.٠.٠.٠	٢٤	٤.٠.٠.٠.٠.٠.٠.٠	٤٠	

٦ — بعض الاحياء الراقية التي تعيش في التربة الزراعية :

ومنها دودة الأرض والتماتود ويرقات وعذارى الحشرات وبعضها يضر بالنباتات الاقتصادية ضررا بليغا .

٧ — الفيروسات :

وهي التي تمر خلال المرشحات البكتيرية وتشمل Phages والفيروسات الأخرى . وهي متطفلة على البكتيرية والاكيتينوميسيس والحيوانات والحشرات كذا النباتات الراقية ، ومن أمثلتها الفيروس المسبب لمرض موازيك البطاطس وغيرها .

أهمية الفيروسات لميكروبات التربة

كما سبق القول رأينا أن الفيروسات تتطفل على الاحياء الدقيقة مثل البكتريا وتسمى Bacteriophages ولكل ميكروب فيروس خاص بتطفل

عليه بل يمكن على وجه التحديد أن نذكر أن لكل

نوع Species

فيروس خاص متخصص

في إصابته ، فالفيروس

الذي يتطفل على

B. subtilis

لا يتطفل على *B. cereus*

مثلا بل أن التخصص في

الحقيقة أبعد من ذلك

بمعنى أن لكل سلالة



(شكل ١٨)

غزو بكتريوفاج القولون ويشاهد أنه يدخل الخلية عن طريق ذيله

فيروس خاص يتطفل عليها ، ممثلا الفيروس الذى يصيب سلالة من
الآزوتوباكتر وتكن *Az. chroococcum* لا يصيب سلالة أخرى مثل
Ara. agilis لذلك نستعمل البكتريوفاج كوسيلة من وسائل التعرف
على الميكروبات .

كيفية تحضير البكتريوفاج فى المعمل :

إذا أردنا تحضير البكتريوفاج المتطفل على سلالة من نوع *Lactobacillus*
مثلا ، فإننا ننمى هذا الميكروب على بيئة صلبة فى الأطباق بحيث ينتشر
الميكروب فى كل أنحاء البيئة (تعتبر فى هذه الحالة المزرعة بالطبق كله كمجموعة
واحدة) . ونعلم أن البكتريا المذكورة تستعمل فى تحضير بادىء فى صناعة
اللبان . فيؤخذ بعض الشرش من اللبن الذى استعمل له ذلك البادىء ، ويرشح
فى أحد المرشحات البكتيرية وتؤخذ غمسة إبرة من المرشح (الخالى من
البكتريا والذى يحتوى على البكتريوفاج) وتوضع فى وسط مزرعة
Lactobacilli ، ويترك الطبق بالحاضن على درجة حرارة مناسبة (٣٧°م) مثلا
لمدة ٣-٤ يوم . ويفحص الطبق بعد ذلك فيلاحظ وجود مناطق بالمزرعة
خالية من النمو تسمى *Plaques* ، وهذه تنتج من فعل البكتريوفاج المتطفل
والمختص فى إصابة هذه السلالة بالذات . ويهاجم البكتريا ويتكاثر
بداخلها وذلك بأن يحلل محتوياتها إلى فيروسات مماثلة له فتتحل وتخرج
الفيروسات لتهاجم البكتريا الأخرى المجاورة وهكذا . فينتج عن ذلك بقعا
بالمجموعة خالية من النمو البكتيرى نتيجة لتحلل البكتريا بتلك البقع .

وقد يلاحظ أنه قد تنمو مجاميع دقيقة جداً وسط هذه البقع الخالية
من النمو البكتيرى ، وتعتبر هذه المجاميع ناشئة عن طفرات *Mutants*
من بكتريا التى تقاوم فعل البكتريوفاج — كما أن الفيروسات تستطيع أيضا

أن تنتج سلالات أخرى تستطيع أن تتطفل على البكتريا الناتجة من هذه الطفرات .

يتعرض كثير من ميكروبات التربة لفعل الفيروسات المتخصصة في إصابتها ، وفي الواقع أنها في صراع مستمر معها نتيجة للطفرات البكتيرية التي تقاوم فعل هذه الفيروسات .

وتتعرض بكتريا العقد الجذرية (الريزوبيا) لفعل البكتريوفاج والذي يتخصص عادة في إصابة السلالات المختلفة ، بمعنى أنه لكل سلالة فيروس خاص يتطفل عليها .

والفاج Phage ينتشر على نطاق واسع بالتربة، ولقد عزل من العقد الجذرية ومن الجذور ومن سرق كثير من النباتات البقولية، كما عزل من الربة المزروعة بالمحاصيل البقولية ، ولقد وجد Demolon & Dunez البكتريوفاج بجوار جذور النباتات البقولية ، ولكن لم يجداه على بعد بضعة بوصات من الجذور ، وكما هو معروف فإن البكتريوفاج يكرن عادة سلالات مقاومة . نستطيع أن نستدل على ذلك بقدرة الفاج المختلفة التي تستطيع أن تهجم وتحمل سلالة حساسه من البكتريا لهذه الفيروسات . ولقد وجد Demolon & Dunez أن الفاج الذي عزل من البرسيم والترمس والبسلة قادر على تحليل سلالات بكتريا العقد الجذرية المتخصصة في إصابة البرسيم والترمس والبسلة على التوالي. ولكنهما وجدوا أن بعض الفاج عام في إصابته أى قادر على إصابة عدة سلالات من الريزوبيا . فاذا زرعت عدة نباتات بقولية في حقل برسيم حجازى مدمر (مجهد) نتيجة لوجود البكتريوفاج به ، فإنه يشاهد بميكروبات العقد البكتيرية للنباتات البقولية المختلفة المزروعة بالحقل المذكور فجوات غير عادية، كذلك يوجد بها أيضا الفاج المتخصص .

الوزن التقريبي لمحتويات التربة الميكروبية

أمكن حساب محتويات التربة الميكروبية بالوزن في الطبقة السطحية في الهكتار ووجد أنها تبلغ حوالى الآتى :

البكتيريا : ١٢٥٠ كجم مادة عضوية منها ١٢٥ كجم نتروجين عضوى
فطريات : ٢٠٠ كجم مادة عضوية منها ١٠ كجم نتروجين عضوى
فيكون المجموع حوالى ١٤٥٠ كجم مادة عضوية منها ١٣٥ كجم نتروجين عضوى

وبحساب ذلك بالنسبة لوزن المادة العضوية الكلى وجد الآتى :
البكتيريا والفطريات تكون حوالى ٣٪ من المادة العضوية الكلية
" " أكثر من ٥٪ من النتروجين العضوى الكلى
فاذا أضيف إلى ذلك محتويات التربة من بروتوزوا وطحالب والأحياء الدقيقة الأخرى تصل النسبة إلى :

من ٧ - ١٠٪ من وزن المادة العضوية الكلى بالتربة
٥ - ١٠٪ من وزن النتروجين العضوى الكلى بالتربة

تقدير نشاط الميكروبات بالتربة على أساس كمية ك_٢ الناتجة منها

لقد وجد أن كمية ثانى أكسيد الكربون المتصاعده من التربة لها علاقة كبيرة بنشاط الميكروبات بالتربة ، وكذا قابلية الدوبال على التحلل ، كما وجد أيضاً أن كمية الاكسوجين التى تمتصها التربة لها أيضاً علاقة بكمية ثانى أكسيد الكربون الخارجة ، ولذا فإن كمية الاكسوجين الممتصة أيضاً يمكن أن تعبر عن مدى نشاط الميكروبات بالتربة وبالتالى مدى سرعة تحلل المواد العضوية بالتربة .

ولقد أوضح ذلك Stoklasa & Ernest بأن وضع كيلوجرام واحد من تربة منخولة فى مخبر زجاجى ، ومررها هواء بمعدل ١٠ لتر فى كل ٢٤ ساعة .

ووجد أن كـا المتصاعد من التربة في ظروف خاصة من الحرارة والرطوبة وفي مدة معينة يمكن أن يتخذ مقياسا دقيقا لنشاط الأحياء الدقيقة بالتربة . ولقد وجد أن كمية المواد العضوية ودرجة حرارة التربة لها أهمية كبيرة في هذا المقياس . كما وجد أيضا أن كمية كـا الناتجة تكون كبيرة في الأراضي المتعادلة أو التي تميل قليلا إلى القلوية والتي تزود بمواد عضوية سهلة التحلل مع التهوية الجيدة، وقد لاحظنا أن كمية كـا الناتجة تتناسب مع المواد العضوية السهلة التحلل بالتربة وليس مع كل المواد العضوية بالتربة . وكان استنتاجهما العام :

١ — أن تقدير كمية كـا المتكثرة بالتربة من الأهمية بمكان لتقدير نشاط الأحياء الدقيقة بها .

٢ — يمكن أن تتخذ هذه الطريقة مقياسا لخصوبة التربة حيث أن تكوين كـا ينشأ من تحلل المواد العضوية . ونواتج تحلل المواد العضوية تتحد مع العناصر في التربة وتجعلها قابلة لتغذية النبات وبالتالي تزداد الخصوبة . وفما يلي نتيجة تجربته تبين تأثير العمق لأنواع من التربة على تحليل الدربال مقدرة بكمية كـا الناتجة :

معاملات التربة			
عمق التربة	غير مزروعة وعبر مسمدة	مزروعة بالبرسيم ومسمدة بالاسمدة المعدنية	مزروعة بالنسجر ومسمدة بالاسمدة المعدنية والعضوية مليجرام
سم	مليجرام	مليجرام	مليجرام
١. — ٢٠	١٦ر٥	٣٨ر٦	٤٧ر٥
٢. — ٣٠	١٩ر٤	٣٨ر٨	٤٩ر٧
٣. — ٥٠	٩ر٨	٢٠ر٢	٢٨ر٥
٥. — ٨٠	٣ر٣	٦ر٣	٦ر٦
٨. — ١٠٠	٢ر١	٢ر٧	٢ر٣

وعلى هذا الأساس يمكن قياس مقدرة التربة البيولوجية بإضافة مادة عضوية إليها وتقدير كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة في مدة معينة ، ويجرى ذلك بإضافة وزن معلوم من مادة عضوية إلى حوالى ٢٠٠ — ٥٠٠ جرام من التربة في وعاء وتقدر كمية كـا الناتجة .

الباب الرابع

العناصر الغذائية للنبات ومصادرها

العناصر	مصادرها
الكربون (C)	من ثاني أكسيد الكربون الموجود بالهواء الجوي
الأكسجين (O)	من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون الموجود بالهواء الجوي ومن الماء
الهيدروجين (H)	من الماء
النيتروجين (N)	من النترات وأملاح الأمونيوم . وتستطيع بعض النباتات الحصول على النيتروجين نتيجة لتثبيت الآزوت الجوي بواسطة بكتيريا العقد الجذرية العائشة بالاشتراك مع هذه النباتات .
الفوسفور (P)	من الفوسفات الموجودة بالتربة
البوتاسيوم (K)	من الأملاح الموجودة بالتربة
الكالسيوم (Ca)	من الأملاح الموجودة بالتربة
المغنسيوم (Mg)	من الأملاح الموجودة بالتربة
الحديد (Fe)	من أملاح الحديدوز والحديدك الموجودة بالتربة
الكبريت (S)	من أملاح الكبريتات الموجودة بالتربة
المنجنيز (Mn)	
السليكون (Si)	
البورون (B)	
الزنك (Zn)	
الفلورين (F)	
اليود (I)	
الكلور (Cl)	
الألومنيوم (Al)	
النحاس (Cu)	

لاغنى عنها
بكميات كبيرة

لاغنى عنها
بكميات صغيرة
حيث تعمل
كمواد منشطة
للنبات أو
تصلح من
خواص التربة

تحتاج النباتات لهذه العناصر بكميات متفاوتة، ولكن في التربة الزراعية يلاحظ أن النباتات تحتاج إلى كميات كبيرة من العناصر الآتية :

١ — النيتروجين ٢ — الفوسفور

٣ — البوتاسيوم ٤ — أحماض الكبريت .

لذلك تضاف باستمرار إلى التربة الزراعية لأنها تفقد أيضا باستمرار وبسرعة . وتضاف هذه العناصر إلى التربة الزراعية على صور متعددة عند التسميد بالأسمدة المعدنية أو العضوية المختلفة .

التركيب الكيماوى لبقايا النبات والحيوان

سبق أن ذكرنا أن الدوبال ينشأ من تحلل بقايا النبات والحيوان في التربة ويجب أن تعرف مشتملات هذه البقايا وهى كالآتى :

السكر بوايدرات :

(أ) سكريات أحادية :

١ — السكريات السداسية (ك_٦هـ.د_{١٢}) Hexoses مثل الجليكوز والفركتوز — المانوز .

٢ — السكريات الخماسية (ك_٥هـ.د_{١٠}) Pentoses مثل الأرينوز والزيلوز .

(ب) السكريات الثنائية

(ك_{١٢}هـ.د_{٢٤}) وأهمها السكروز والملتوز

(ج) السكريات الثلاثية

(ك_{١٨}هـ.د_{٣٦}) مثل الرفينوز

(د) عديدة السكريات :

١ — النشا — الجليكوجين — الأنيولين — والدكسترين

٢ — السليلوز

٣ — الهيميسليروز والبوليورونويد Polyuronides

(١) الهكسوزان مثل : المانان والجلالكتان

(ب) البنتوزان Pentosans ذات التركيب (ك. يد. ا،) ج

(ج) البكتين وغيره من مركبات حامض اليورونيك

Uronic acid compounds

اللجنين Lignins

التنينات Tannis

الجللكوزيدات Glucosides

الاحماض العضوية وأملاحها واستراتها Esters

الدهون — والزيوت — الشموع والمركبات المشتقة منها

الصمغ Resins

المركبات النيتروجينية وتشمل :

١ — البروتينات

٢ — الاحماض الامينية

٣ — الامينات

٤ — الالكاليدات Alkaloids

٥ — البيورين Purines

٦ — الاحماض النووية Nucleic acids

المواد الملونة Pigments :

١ — الكلورفيل Chlorophyll

٢ — الكاروتينات Carotinoids وهي المواد الملونة الموجودة بالأوراق
والسوق والأزهار والثمار

٣ — الانثوسيانين Anthocyanins وهي المواد الملونة الموجودة
بالأوراق والثمار والأزهار.

الأملاح ومكوناتها Mineral constituents :

١ — القواعد خصوصا الكالسيوم — المغنسيوم والبوتاسيوم والحديد

٢ — الفوسفات

٣ — الكبريتات

٤ — الكلوريدات

٥ — السليكات

ويمكن تقسيم هذه المكونات إلى المجموع الهامة الآتية :

١ — مكونات قابلة للذوبان في الماء ، مثل السكريات البسيطة —
النشويات — الأحماض الأمينية وغيرها من الأحماض العضوية .

٢ — الهيمسايولوز : وهي عبارة عن تكاثف الهكسوزات والبتروزات

أو كليهما مع حامض اليورونيك Uronic Acid

٣ — السليولوز : وهي نتيجة تكاثف الجلوكوز .

٤ — اللجنين : وتركيبه الكيماوى الحقيقى غير معروف إلى الآن ولكن يعرف

أنه يشتمل على حلقة بنزين مع عدد من مجاميع Methoxyl and hydroxyl
وكذا مجموعة الدهيد وتركيبه الكيماوى كالاتى :

ك. هيد. م. ١٠ (الكيدم) ، ٠ (ايد) ، ٠ كيد

وفي النبات تتكون ممتصة أو متحدة مع مركبات كيماوية مع السليولوز .
وتحتوى النباتات الصغيرة عادة على السليولوز الذى تتركب جدر الخلايا
الحديثة السن منه ، ولكن عندما تكبر فى السن فإن الألياف السليولوزية تمتص
أو تتحد مع اللجنين مكونة مركبا يسمى لجدر سليولوز Ligno-cellulose
الذى يوجد بأنسجة هذه النباتات .

— البروتينات . تتكون من سلسلة طويلة من الأحماض الأمينية العديدة

وهي أهم محتويات النبات النيتروجينية .

- ٦ - الدهرن - الزيت - الشموع : وهي استرات الكحولات مع حامض دهني أو أكثر ذات وزن جزيئي عال .
- ٧ - الرماد أو الأملاح المعدنية التي يتكون منها النبات والجدول الآتي يوضح تركيب بعض بقايا النباتات :

جدول (١٢)
التركيب الكيماوي لبعض بقايا النباتات

المادة	السايكلوز	البتوزات	اللجنين	البروتينات	الدهون والشموع	الرماد
	%	%	%	%	%	%
الدريس	٢٨٠٥٠	١٣٠٥٢	٢٨٠٢٥	٩٠٣١	٢٠٠٠	٦٠٠٥
قش الشوفان	٣٥٠٤٣	٢١٠٣٣	٢٠٠٤٠	٤٠٧٠	٢٠٠٢	٤٠٨١
قش القمح	٣٤٠٢٧	٢١٠٦٧	٢١٠٢١	٣٠٠٠	٠٠٦٧	٤٠٣٣
القوالح	٣٧٠٦٦	٣١٠٥٠	١٤٠٧٠	٢٠١١	١٠٣٧	١٠٨٠
Corn Stover	٣٠٠٥٦	٢٢٠٥٤	١٥٠١٣	٣٠٥٠	٠٠٧٧	٦٠١٥

عما سبق يلاحظ أن النباتات المختلفة تختلف من حيث تركيبها الكيماوي، كما أن النبات الواحد يختلف تركيبه الكيماوي في مراحل نموه المختلفة ، فالنبات الصغير يختلف تركيبه الكيماوي عنه وهو ناضج النمو وفيما يلي جدول يوضح ذلك :

جدول (١٣)
التركيب الكيماوي لنبات الراي Rye (الساق والاوراق) في مراحل نموه المختلفة مقدرًا بالجرام وزن جاف

مراحل النمو	الدهون والشموع	المواد القابلة للذوبان	البتوزات	السايكلوز	اللجنين	النروجين السكلي	الرماد
	%	%	%	%	%	%	%
عند طول ١٠-١٤ بوصة	٢٠٦٠	٣٤٠٢٤	١٦٠٦٠	١٨٠٠٦	٩٠٩٠	٢٠٥٠	٧٠٦٦
قبل تكوين الرؤوس	٢٠٦٠	٢٢٠٧٤	٢١٠١٨	٣٦٠٩٥	١١٠٨٠	١٠٧٦	٥٠٩٠
قبل التزهير مباشرة	١٠٧٠	١٨٠١٦	٢٢٠٧١	٣٠٠٥٩	١٨٠٠٠	١٠٠١	٤٠٩٠
النبات الناضج	١٠٢٦	٩٠٩٠	٢٢٠٩٠	٣٦٠٢٩	١٧٠١٠	٠٠٢٤	٣٠٩٠

الباب الخامس

مصادر الطاقة للبكتيريا

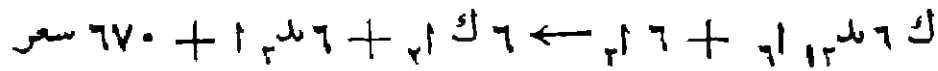
التقسيم الفسيولوجي للبكتيريا Physiological classification of bacteria

تقسم البكتيريا من حيث الحصول على الطاقة اللازمة لحياتها إلى قسمين :

١ - البكتيريا الهتروتروفية Heterotrophic bacteria .

وهذه البكتيريا تحصل على طاقتها من تحليل المراد العضوية بأكسدها وتنقسم إلى قسمين :

(أ) الأكسدة الكاملة : تتأكسد المادة إلى ثاني أكسيد الكربون والماء



(ب) الأكسدة الناقصة : تتأكسد المادة جزئياً إلى مادة أخرى فتتحول من مادة ذات الطاقة العالية إلى مادة ذات طاقة أقل



ومعظم البكتيريا وخاصة البكتيريا المرضية كلها من هذا النوع

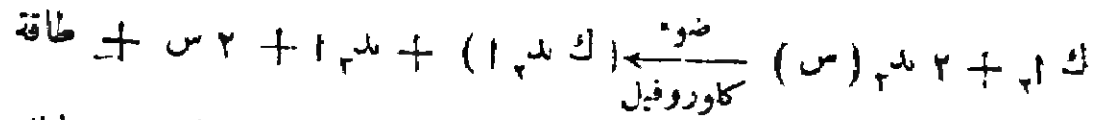
٢ - البكتيريا الأوتوتروفية : Autotrophic bacteria

وتحصل على طاقتها بطريقة من الطريقتين الآتيتين :

(أ) التمثيل الضوئي Photosynthesis

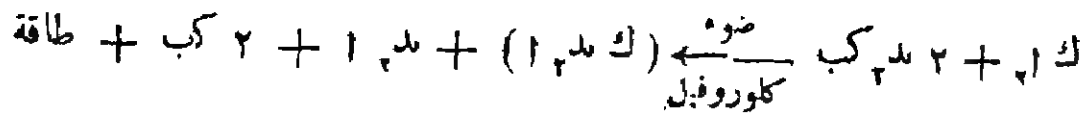
وهذه البكتيريا تشابه النباتات الخضراء في هذا الشأن، وتسمى البكتيريا الممثلة للضوء Photosynthetic bacteria وتمثل كـ CH_2O كمصدر وحيد للكربون

Sole source of carbon ، وفيما يلي التفاعل العام الذى تحدثه هذه الميكروبات :



باعتبار أن ك مد هي المادة التي تستقبل الأيدروجين وتسمى في هذه الحالة مستقبلية الأيدروجين H-acceptor ، وبذلك تؤكسد المادة الأخرى مد س بالتزاع الأيدروجين منها وتسمى هذه المادة إذن مانحة الأيدروجين H-donor ، علما بأن س رمز لأي عنصر .

ومن أمثلة هذه الأحياء الدقيقة بكتريا الكبريت الخضراء Green sulphur bacteria التي تجرى التفاعل الآتي :

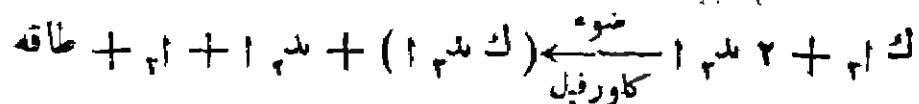


في هذه الحالة كان العنصر س هو الكبريت .

كذلك تقوم بكتريا الكبريت الأرجوانية Purple sulfur bacteria (Thiorodaceae) بالتفاعل الآتي :

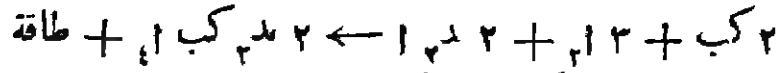


ويختلف التمثيل الضوئي في البكتريا عنه في النباتات الراقية ، وفيما يلي التفاعل الذى يحدث في النباتات الراقية ومنه يتضح تكوين الأكسجين نتيجة لعملية التمثيل :



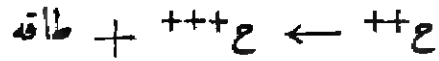
(ب) أكسدة بعض المواد المعدنية Chemosynthesis .

وتسمى البكتريا المؤكسدة للمواد المعدنية Chemosynthetic bacteria وتجرى إحداها التفاعل الآتي :



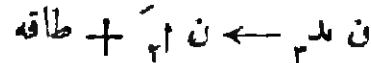
حدث هذا التفاعل بكتريا الكبريت الغير ملونه .

وقد تم الاكسدة بواسطة فقد الكترونات Electrones مثل

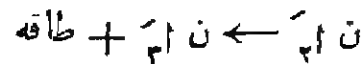


وللبكتريا التي تحصل على طاقة نتيجة لاكسدة بعض المواد الغير عضوية أهمية كبيرة في التربة الزراعية وفيما يلي ملخصا لبعض أنواع هذه البكتريا وما تقوم به من تفاعلات هامة تزيد في خصوبة الاراضى :

١ — النيتروزوموناس Nitrosomonas تؤكسد النشادر إلى نيتريت .

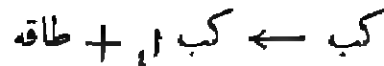
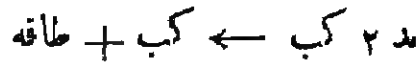


٢ — النيتروباكتري Nitrobacter تؤكسد النيتريت إلى نترات .



ولا يخفى ما للنترات من أهمية كبيرة في تغذية النباتات .

٣ — بكتريا الكبريت غير الملونة Colourless sulphur bacteria ، وتحدث التفاعل الآتى :



ومنها Thiobacillus وهى ميكروبات عسوية صغيرة ويترسب الكبريت خارجها ومنها أيضا Beggiatoa وهى حلزونية كبيرة ويترسب الكبريت داخلها .

وتتلخص خواص الميكروبات الأوتوتروفية عموما فيما يلي :

١ — تنمو في بيئات محتوية على مواد غير عضوية (معدنية) خاصة تقابلة للأكسدة .

٢ — تؤكسد هذه الميكروبات المواد الغير عضوية القابلة للأكسدة كنتيجة للنشاط الحيوى لهذه الميكروبات .

٣ - لا تحتاج الميكروبات إلى مواد عضوية بتاتا لا لتكوين أجسامها ولا للحصول على الطاقة .

٤ - بأ كسدة هذه المواد الغير عضوية تحصل الميكروبات على الطاقة اللازمة لنموها .

٥ - ليس للميكروبات القدرة على تحليل المواد العضوية وغالبا ما تؤثر في نشاطها تأثيراً عكسياً .

٦ - يستعمل ثاني أكسيد الكربون الجوى كمصدر وحيد للكربون .

إذا أضيفت مادة عضوية ليست غريبة على التربة مثل الأسمدة العضوية أو بقايا النباتات التي تنمو بها ، فإنها تتحلل بالتربة بسرعة ، فتستعملها الكائنات الدقيقة مصدراً لطاقتها وتغذيتها ، فتتكاثر الميكروبات الموجودة بالتربة عادة المسماة *Autochthonous* وكذا الميكروبات التي تعمل هذه المواد العضوية على إبقائها مثل الميكروبات المتجذرة والفطريات وغيرها والمسماة *Zymogenic* ، وتحلل المادة العضوية بسرعة .

أما إذا كانت هذه المادة غير معتاد إضافتها إلى التربة أى غريبة عليها *Exotic* ، مثل مبيدات الحشائش كأملاح الصديوم لحامض ثلاثى كلورور الخليك *Trichloroacetic* المرزله (TCA) أو ٢،٢ ثنائى كلورور حامض بروبيونيك *2,2-dichloropropionic acid (DCP)* مثلاً فإن تحللها بالتربة يتطلب وقتاً أطول حتى تنمو الأنواع الخاصة التي تستطيع أن تحللها ، فيزداد عددها في التربة . فإذا ما أضيفت هذه المواد ثانياً إلى التربة ، فإنها تتحلل بسرعة عن ذى قبل ، وذلك لوجود الميكروبات القادرة على تحليلها بوفرة .

تنمو الميكروبات الهتروتروفية على المواد العضوية وتحللها وتحصل على الطاقة اللازمة لحياتها ، فيزداد عددها بالتربة ، حتى إذا ما تحللت المواد العضوية ، يقل عددها تدريجياً وذلك بموت الكثير منها لاستنفاد مصادر

طاقاتها ، وتصبح الميكروبات الميتة غذاء الميكروبات أخرى التي تحلل خلاياها ، كما تنمو على نواتج التحلل عموماً مثل الأمونيا أو الكبريت ميكروبات أوتوتروفية تحصل على طاقتها من أكسدة المواد المعدنية كالأمونيا أو النتريت ، أو تحصل على طاقتها من ضوء الشمس ، فتؤكسد مواد معدنية كبكتريا الكبريت الخضراء والارجوانية مثلاً . . . ومن هنا ينشأ ما يعرف بتعاقب الميكروبات Microbial succession . ويمكن القول بوجه عام أن الميكروبات في التربة تعيش معاً معيشة تعاونية تكافلية ، فمثلاً المواد العضوية الصعبة التحلل تتوَلّاها ميكروبات خاصة وتحللها إلى أبسط منها ، وتجعلها في متناول ميكروبات أخرى . وهذه بدورها تحللها إلى مواد أبسط يستفيد بها أنواع خاصة من الميكروبات . . . وهكذا . هذا جميعه يعود على التربة بالخصب ، وذلك لتعاون ميكروبات التربة في معدنة المواد العضوية فتتَج العنصر الغذائية التي تمتصها النباتات .

الباب السادس

فعل ميكروبات التربة

في المواد العضوية غير الأزوتية ودورة الكربون

Decomposition of organic matter (non nitrogenous)

Carbon cycle

تحتوى المادة العضوية على عنصر الكربون ويكون عادة حوالى ٥٠ ٪ منها . وفي بعض المواد الكربوايدراتية والأحماض العضوية قد تكون نسبة الكربون أقل (حوالى ٤٠ ٪) ولكن فى الدهون والشموع قد تتجاوز النسبة ٦٠ ٪ .

والمواد العضوية التى تتخلف فى التربة هى عبارة عن :

١ - بقايا النباتات والحيوانات مثل أوراق الأشجار وفروعها وجذورها وبقايا الحيوانات مثل الروث والبول ، كذا الحشرات الميتة والديدان . . . والميكروبات الميتة .

٢ - السماد العضوى الذى يضاف إلى التربة بقصد زيادة عناصرها الغذائية .

٣ - السماد الأخضر مثل البرسيم (القلب) .

وعادة تحتوى هذه المواد العضوية على الكربون والأيدروجين والأكسوجين والنيتروجين والكبريت والفوسفور والبوتاسيوم وغيرها من العناصر بكميات متفاوتة تختلف باختلاف المادة العضوية نفسها ، سواء أكانت حيوانية أو نباتية أو غيرها .

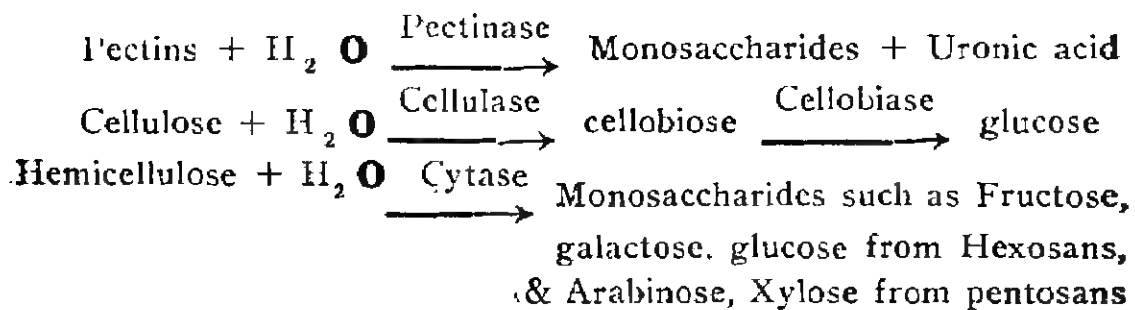
تتحل الكربوايدرات في التربة بتأكسدها أكسدة كاملة إلى $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ تحت الظروف الهوائية ، أما تحت الظروف اللاهوائية فإن النواتج تختلف باختلاف نوع الميكروب ، وعادة تكون النواتج أحماض عضوية وكذا الكحولات وغازات مثل CH_4 ، H_2 ، CO_2 وغيرها .

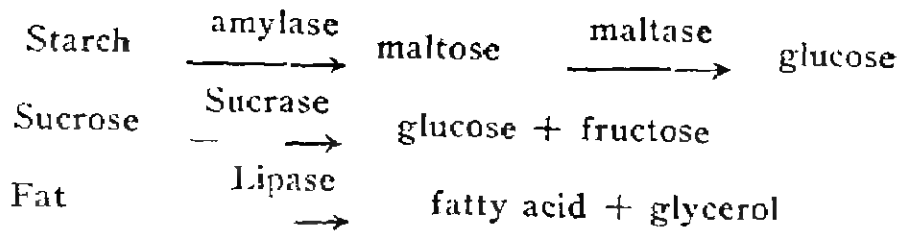
ومن أمثلة الأحماض المتكونة الفورميك والخليك والبروبيونيك واللاكتيك ، ومن أمثلة الكحولات الإيثيل والبيوتانول .

متخلفات أخرى مثل الالدهيدات ، أسيتيل ميثيل كرينول والصمغ وغيرها ويتم هذا التحلل بواسطة الميكروبات اللاهوائية حتماً أو اختياراً ، وكذلك الخميرة ، وهذه المواد الناتجة بدورها تتحلل بواسطة الميكروبات تحت الظروف الهوائية إلى $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. هذا يعني أن النواتج النهائية لتحلل المواد الكربوايدراتية هي $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.

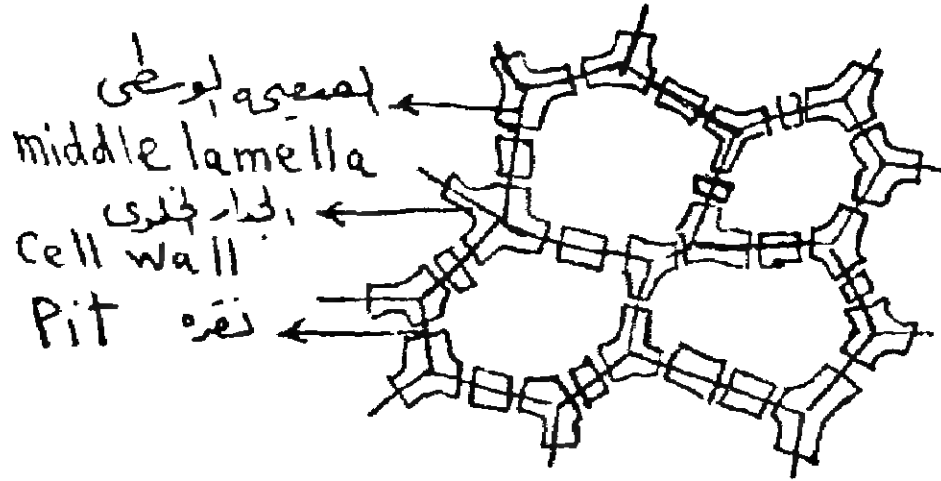
والأحماض الناشئة عن التفاعلات البكتريولوجية عموماً يمكن الكشف عنها في المعمل بواسطة دلائل كشافة ، والغازات يمكن معرفة وجودها بواسطة أنابيب درهام Durhan tubes أو بواسطة تكسير البيئة الصلبة المحتوية على الكربوايدرات ، هذا ويمكن تحليل الغازات الصاعدة كميًا ، ولكن CO_2 ليس من السهولة تقديره نظراً لذوبانه في البيئة إلا إذا تكون بكميات كبيرة أو بإضافة بعض المواد الكيماوية التي تجعل ذوبانه عسيراً .

وفيما يلي أهم الأنزيمات البكتيرية التي تحلل المواد الكربوايدراتية المعقدة والدهنية الموجودة بالنباتات .





وسنشرح فيما يلي المواد السكرية وإيدراية الهامة والميكروبات التي تقوم بتحليلها في التربة الزراعية ونرايح التفاعلات .

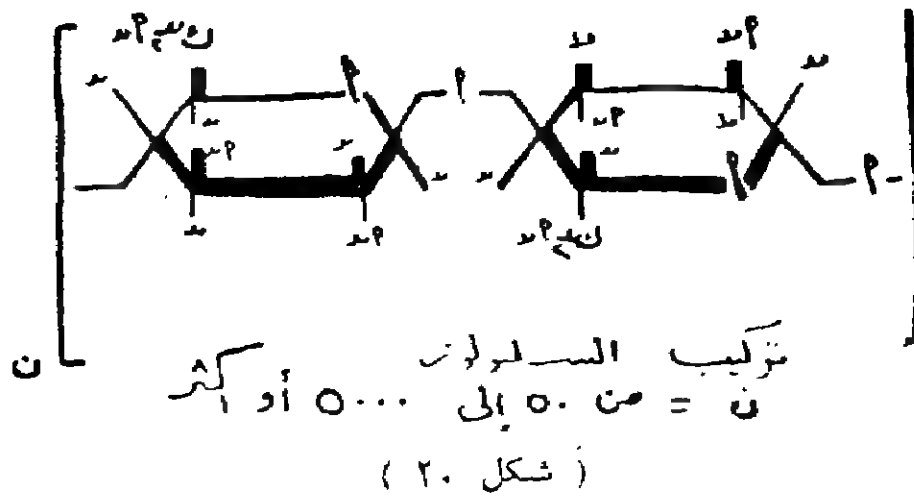


(شكل ١٩)
خلايا النبات وجدرها

تحليل البكتين :

يوجد البكتين بكثرة في النباتات بالصفحة الوسطى التي تعمل على تماسك الخلايا بعضها ببعض . وهناك كثير من الميكروبات تقوم بتحليل البكتين، فمثلا *Bacterium carotovorum* تفرز أنزيم البكتينيز الذي يحلل البكتين، وتسبب مرض العفن الطري لكثير من المحاصيل الدرنية مثل البطاطس، والميكروب هوائي سالب لصبغة جرام، عصوي قصير . كذا ميكروب *Clostridium butyricum* الذي يستعمل صناعياً في تعطين الكتان . وهذا الميكروب لاهوائي حتماً موجب لصبغة جرام ومتجشّم بحرثومة طرفية ويحلل البكتين أيضاً .

الفطريات المتطفلة كذا المتربة لها قدرة كبيرة على تحليل البكتين .



تحليل السليولوز :

السليولوز مثل الذشافهم وعبارة عن تجمع الجلوكوز Polymer of glucose يوجد في النباتات بكمية كبيرة ، إذ يوجد في الخشب والألياف وجذر الخلايا والأعشاب وشعر القطن ومعظم أنسجة النباتات عموماً . ويتحلل السليولوز بواسطة أنواع خاصة من البكتريا حيث أنه يقاوم فعل كثير من ميكروبات التربة الزراعية ، والميكروبات التي تحلل السليولوز هي :

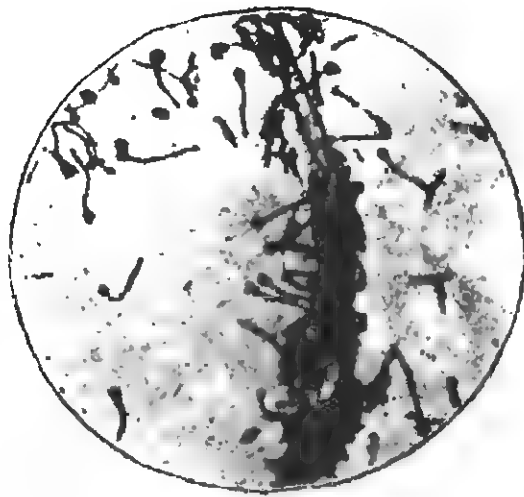
- ١ - ميكروبات هوائية
- ٢ - ميكروبات لاهوائية
- ٣ - اكتينومييسس
- ٤ - الفطريات

١ - الميكروبات الهوائية :

من أنشط الأنواع الهوائية المحللة للسليولوز هي السيترافاجا Cytophaga ولقد سبق الكلام عنها ، وتحلل السليولوز كالآتي :

سليولوز ← سلوبيوز ← جلوكوز ← كأم + بدم
والسيتروفاجا لا تنمو على البيئات العادية ، ولكن تنمو على بيئة خاصة
مكونة من السليولوز (مثل ورق الترشيع) مباله بمحاليل غير عضوية ، ويضاف
إليها كربونات الكالسيوم لتعادل الحموضة الناتجة عن التفاعل ، فيشاهد
على ورقة الترشيع التآكل وكذا مجاميع صفراء اللون من الميكروب ، ولقد
استعمل دوبرس Dubos بيئة مكونة من أملاح معدنية + قصاصات من
ورق الترشيع يضاف إليها تخفيفات التربة الزراعية ويمكن بواسطتها عزل
الميكروبات ومعرفة مقدار ما تحتويه التربة الزراعية منها .

٢ - الميكروبات اللاهوائية :



(شكل ٢١)
C. dissolvans

وهي ميكروبات لاهوائية
حتما ، عسوية طويلة موجبة
لصبغة جرام . الجرثومة طرفية
ومن الصعب عزلها في مزرعة
نقية . وبعض هذه الميكروبات
من الأنواع الميزوفيلية مثل
Clostridium dissolvans ،
والبعض الآخر محب للحرارة
المرتفعة Thermophilic مثل
Clostridium thermocellum

ولقد وجد أنه من الصعب عزل هذه الميكروبات بحالة نقية إذ أن
بعض الميكروبات المحبة للحرارة اللاهوائية اختاراً قد تعيش مع اللاهوائية
حتما في حالة تعاون أو تكافل . فلقد وجد أن بعض المزارع النشطة في تحليل
السليولوز تحت الظروف الهوائية واللاهوائية تحتوي على أجناس لاهوائية
حتما وأجناس لاهوائية اختاراً ، ويمكن القول أيضا أن الأجناس

اللاهوائية حتما المحللة للسليولوز تعيش مع بعضها بحالة مختلطة يصعب معها فصلها عن بعضها البعض بحالة نقية. ولقد أوضح حديثاً بعض العلماء الروس المعيشة التكافلية التي تعيشها الميكروبات المحللة للسليولوز مع الميكروبات الأخرى . فلقد وجدوا أن تحليل السليولوز تحت الظروف اللاهوائية بالميكروبات المحبة للحرارة المرتفعة يتم بالعمليتين الآتيتين :

١ — التحليل المائي للسليولوز

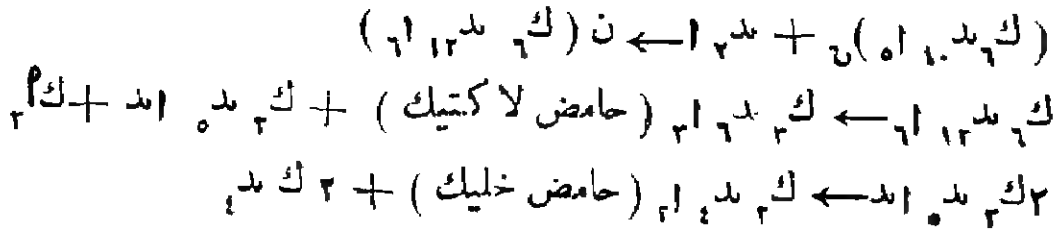
٢ — تخمر نواتج هذا التحلل .

ففي المزارع النقية للميكروبات المحبة للحرارة المرتفعة والمحللة للسليولوز نجد أن معظم المراد الناتجة من تحليل السليولوز مائياً بواسطة الميكروبات (من ٤٠ — ٧٥ ٪ من كربون السليولوز يتحول إلى جلوكوز) تنراكم في البيئة وجزء فقط هو الذى يتخمر ليعطى كاه ، بدم — حامض خليك — حامض بيوتريك — فورميك — لاكتيك .

ولكن في المزارع المختلطة أى في المعيشة التكافلية للميكروبات المحللة للسليولوز مع غيرها من الميكروبات فإن كميات كبيرة من الأحماض والكحولات وغيرها من النواتج الثانوية مثل الميثان، الذى لا يظهر في المزارع النقية، يتحصل عليها من التحلل . ويظهر التكافل بوضوح في مقدرة الميكروبات المحبة للحرارة والتي تحلل السليولوز بنشاط كبير وهذا من شأنه أن يمد الميكروبات الأخرى بمواد يسهل تخمرها . فمقدرة المزارع النقية لكثير من الميكروبات المحبة للحرارة والمحللة للسليولوز وكذا خواصها المزرعية قد وصفها الكثير من الباحثين مثل *Clostridium illiposporogens* و *Bacillus cellulosae dissolvens* وعموماً يتحلل السليولوز على الوجه الآتى :

سليولوز → أحماض عضوية وأحيانا كحولات + كاه + بدم

فإذا نمت هذه الميكروبات على بيئة تحتوي على ورق ترشيح كمصدر للسيلولوز فإنه يشاهد ثقبوب بهذه القصاصات ثم تذوب وتختفي .



هذا ويوجد في أمعاء الحيوانات آكلة الأعشاب مجموعة من الميكروبات التي تهضم السيلولوز إلى سكريات وكحولات وأحماض عضوية التي تستفيد منها الحيوانات .

٣ - الأكتينوميسيتس :

تلعب دوراً مهماً في تحليل السيلولوز تحت الظروف الهوائية .

٤ - الفطريات :

تحت الظروف الهوائية وفي التربة الحامضية التأثير تقوم الفطريات بتحليل السيلولوز وكذا يمكنها تحليله بعد أن يصبح الوسط حامضياً يفعل البكتريا . ومن الفطريات الهامة في تحليل السيلولوز *Trichoderma, Penicillium*

هذا وتساهم كثير من الميكروبات الأخرى في تحليل السيلولوز مثل فطريات المشروم والبروتوزوا والحشرات وغيرها من الأحياء .

ويمكن القول عموماً أن عمل الأنواع المختلفة من الأحياء الدقيقة في تحليل السيلولوز يتوقف على عوامل كثيرة مثل الرطوبة والحرارة والتهوية والتأثير (درجة الحموضة) والمواد النيتروجينية . فمثلاً ٨٠ - ٩٠ ٪ رطوبة تجعل الميكروبات اللاهوائية أنشط من غيرها، أما عمل الفطر والأكتينوميسيس والبكتريا الهوائية فيكون ضئيلاً جداً في هذه الحالة وعند الرقم الأيڤروجيني بين

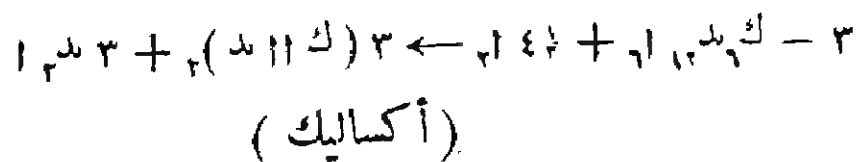
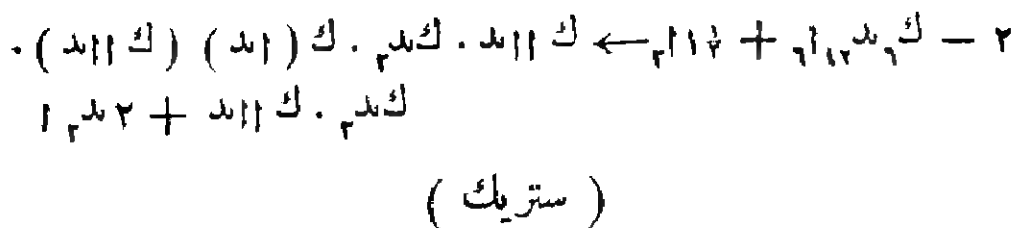
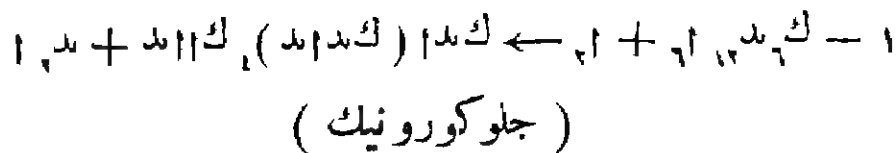
٩٠١ - ٩٠١ تكون السيتوفاجا أنشط من غيرها بينما يكاد يكون هذا النوع معدوم التأثير في الأراضي الحامضية (درجة حموضة pH) ٦ أو أقل .

تحليل السكريات ومشتقاتها :

Decomposition of sugars and their derivatives

إذا أضيفت المواد العضوية إلى التربة الزراعية فإن السكريات وغيرها من المواد الكربوهيدراتية القابلة الذوبان في الماء تتحلل أولاً ، وهذه المواد تختفي عادة من التربة في أيام قليلة ، حيث تتحلل بواسطة البكتريا والفطر فإذا كان تحللها بالأكسدة الكاملة فإنه ينتج $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. وإذا تحللت جزئياً فإن النواتج تكون أحماض عضوية وكحولات .

وكما سبق القول يختلف تحليل السكريات حسب نوع الميكروب وكذا ظروف التحلل . فتختلف النواتج تحت الشروط الهوائية عنها في عدم وجود الأوكسجين ، فبعض الفطريات يحلل السكريات مع تكوين أحماض الجلوكورونيك والستريك والأكساليك والفيوماريك والسكسينيك . كما يتضح من التفاعلات الآتية :



٤ - ك١٢١٢ + ١٢ ٦ ← ٦ ك١٢ + ١٢ ٦

أما البكتريا فإنها تحلل السكر بطريقة مخالفة للفطر ونواتج التحلل تختلف من ميكروب إلى آخر، وكذلك يختلف تحلل السكر تحت الظروف اللاهوائية عنها في الظروف الهوائية وفيما يلي مثلا لتحلل السكر تحت الظروف اللاهوائية :

١ - ك١٢١٢ + ١٢ ٢ ← ٢ ك١٢ + ١٢ ٢ (لاكتيك)

٢ - ك١٢١٢ + ١٢ ٢ ← ٢ ك١٢ + ١٢ ٢ (بيوتريك)

٣ - ك١٢١٢ + ١٢ ٢ ← ٢ ك١٢ + ١٢ ٢

وعادة يتكون تحت الظروف اللاهوائية النواتج الآتية :

أحماض : لكتيك ، بيوتريك ، خليك ، برويونيك ، فورميك وفالريك وغيرها .

كحولات ومواد طيارة : إيثانول ، بيوتانول ، جليسرول ، أسيتون وغيرها . غارات : ك١٢ ، ك١٢٢ ، ك١٢٢٢

أما تحت الظروف الهوائية فإن السكريات تتحلل إلى حامض لاكتيك أو استيالدهيد أو حامض البيروفيك وهذه سرعان ما تتحلل إلى ثاني أكسيد الكربون وماء ، وفيما يلي التفاعل الذي يوضح ذلك :

ك١٢١٢ + ١٢ ٢ ← ٢ ك١٢ + ١٢ ٢ (حامض بيروفيك)
ك١٢٢ + ١٢ ٢ ← ٢ ك١٢ + ١٢ ٢ (حامض لاكتيك)
ك١٢٢٢ + ١٢ ٢ ← ٢ ك١٢ + ١٢ ٢ (استيالدهيد)
ك١٢٢٢٢ + ١٢ ٢ ← ٢ ك١٢ + ١٢ ٢ (إيثانول)

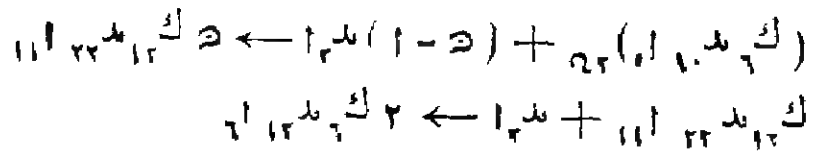
ك١٢٢٢٢٢ + ١٢ ٢ ← ٢ ك١٢ + ١٢ ٢

ك١٢٢٢٢٢٢ + ١٢ ٢ ← ٢ ك١٢ + ١٢ ٢

ك١٢٢٢٢٢٢٢ + ١٢ ٢ ← ٢ ك١٢ + ١٢ ٢

ك١٢٢٢٢٢٢٢٢ + ١٢ ٢ ← ٢ ك١٢ + ١٢ ٢

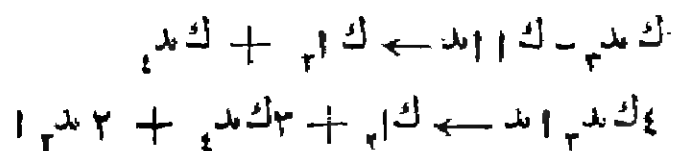
ويجب أن نشير إلى أن الفشائتات تحلل بفعل الميكروبات بواسطة الإنزيمات الدياستازية إلى دكستريين ثم ملتوز ثم جلوكوز .



يتحلل الذشا بفعل ميكروبات كثيرة مثل الفطريات الأسبرجلس وغيرها
كذا يتحلل بواسطة كثير من البكتيريا كالميكروبات العسوية المتجرفة.

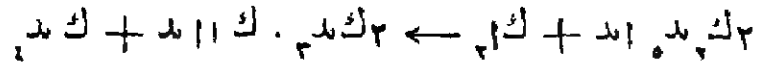
التخمير الميثاني Methan Fermentation

سبق أن ذكرنا أن تحلل المواد الكربوايدراتية تحت الظروف
اللاهوائية يتسبب عنه تكوين الأحماض العضوية والكحولات والغازات
مثل ك_١ والايديروجين والميثان، والآخر يتكون تحت الظروف اللاهوائية
فقط فإذا لم تتأكسد هذه الأحماض العضوية والكحولات فإنها تتراكم في التربة
وتقلل من خصوبتها ، لذلك فإنها إما أن تتأكسد تحت الظروف الهوائية
بواسطة البكتيريا الهوائية إلى ثاني أكسيد الكربون وماء وإما أن تتحلل
تحت الظروف اللاهوائية ، ومن بين هذه ميكروبات الميثان ، وتوصف
بأنها بكتيريا غير هوائية حتما ، سالبة لصبغة جرام ، منتشرة في الطبيعة، ومن
الصعب عزلها في مزارع نقية ، وتحلل مواد عضوية متنوعة ، وفي معظم
الحالات يكون نواتج التحليل ك_١ ك_٢ فقط ، ونسبة الأول إلى الثاني
تختلف باختلاف المادة المتحللة ، وتكون هذه النسبة أعلى كلما كانت المادة
الأصلية أكثر تأكسدا كما يتضح من الآتي :

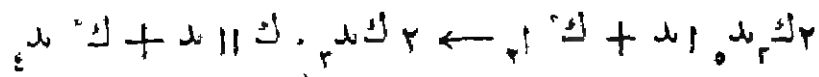


ومن أمثلة بكتيريا الميثان Methanobacterium omelianskii وهذا
الميكروب يستعمل ك_١ في أكسدة المادة العضوية . فإذا استعملت مادة

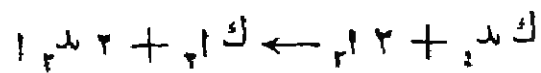
كحول الايثيل في وجود ك_١ أو الكربونات نجد أن كحول الايثيل يتحلل جزئياً ويتأكسد إلى حامض الخليك كما في التفاعل الآتي :



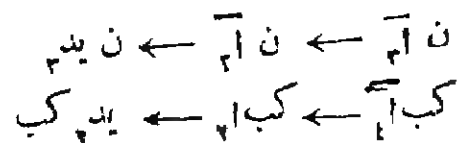
وفي الواقع أن تكوين الميثان ينشأ من ك_١ وليس من الكحول ، وقد أمكن إثبات ذلك باستعمال النظائر المشعة Radio active elements التي يطلق عليها أيضاً Tracers أو Isotopes كما يتضح من الآتي :



ومن الملاحظ في كتابة المعادلات الكيميائية أن يميز العنصر المشع بعلامة * كما سبق . وقد يتأكسد الميثان هوائياً إلى ك_١ + يد_١ وذلك بفعل بكتريا Methanomonas



كما ذكرنا سابقاً أن فائدة هذه العملية هي تحليل الأحماض العضوية وكذلك الكحولات التي تتراكم في التربة باستعمال ك_١ . وقد تستعمل بعض الميكروبات الأخرى النيترات والنترات والكبريتات تحت الظروف اللاهوائية للحصول على الطاقة لأكسدة المواد العضوية الكربوايدراتية فتختزل المواد السابقة الذكر على حساب أكسدة الكربوايدرات .



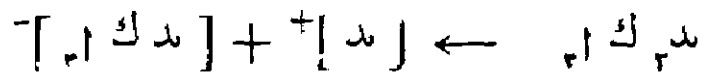
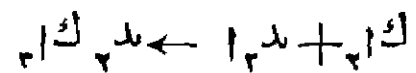
وفي هذه الحالة فإن التفاعل لا يتم إلا إذا توافرت هذه المركبات (النيترات والكبريتات) وإن حدث فإنه يصل افتقار إلى هذه المواد الهامة وهي موجودة بكميات محدودة ولكن في الحالة السابقة أى في وجود بكتريا الميثان تتأكسد المادة العضوية (أحماض وكحولات باستعمال ثاني

أكسيد الكربون الذى يوجد بوفرة فى التربة ومن ذلك يتضح أهمية الميثانوبكتريا فى الاراضى .

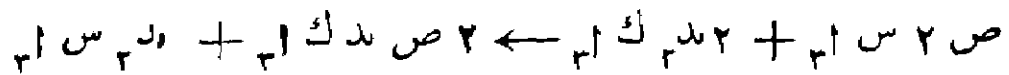
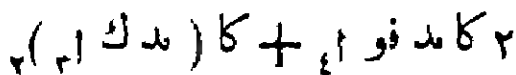
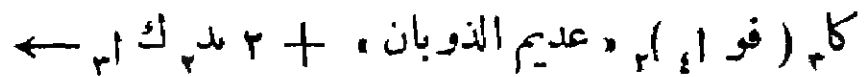
تأثير ثانى اكسيد الكربون على معادن التربة

“Influence of CO₂ on Soil minerals”

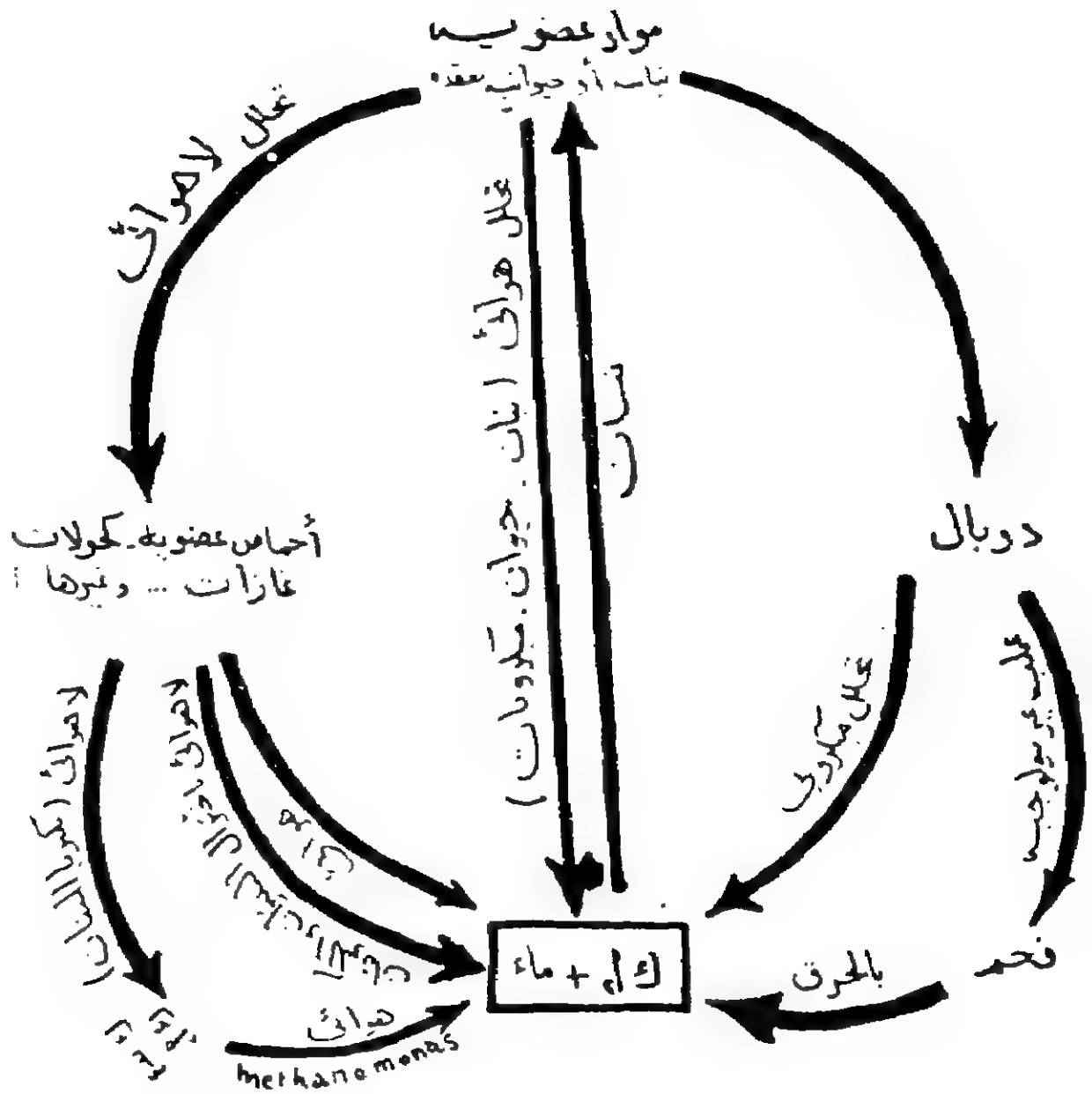
تتحلل المواد العضوية كما سبق القول منتجة ك_٢ وهذا من شأنه أن يزيد من درجة تركيز أيرن الايدروجين



وزيادة تركيز أيرن الايدروجين فى التربة بسبب زيادة قابلية كثير من المعادن على الذوبان ، وخصوصا الفوسفات والسليكات وبالتالى يساعد النباتات على الحصول على العناصر اللازمة لها ، وفيما يلى التفاعل الذى يوضح ذلك :



وعلى ذلك فزيادة ك_٢ بالتربة من شأنها زيادة قابلية المركبات إلى الذوبان وبالتالى إلى توفير العناصر اللازمة للنبات على الصورة الصالحة لتغذيته مثل الفوسفات والسليكات والبورات (أنيونات) كما يعمل على زيادة تركيز كثير من الكتيونات بالتربة مثل البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم .



دورة الكربون

(شكل ٢٢)

الباب السابع

فعل ميكروبات التربة في المواد العضوية الآزوتية ودورة الآزوت

“Decomposition of Proteins and Nitrogen Cycle”

يضاف إلى التربة الزراعية النيتروجين على صورتين ، إحداهما غير عضوية على هيئة أسمدة نيتراية أو نرشادية أو سيانيد ، وغيرها ، أما الثانية فهي عضوية وهذه تشمل بقايا النباتات مثل الحشائش والأوراق والجذور والأسمدة الخضراء ، والأسمدة العضوية كالسماد البلدي والسماد العضوي الصناعي ومتخلفات الحيوانات كالبول والروث وحمى المجارى ثم الميكروبات الميتة .
وسنتكلم على فعل الميكروبات المختلفة في المواد الآزوتية السابق ذكرها .
مبتدئين بالمادة العضوية الآزوتية وأهمها البروتين .

تحليل البروتين في التربة

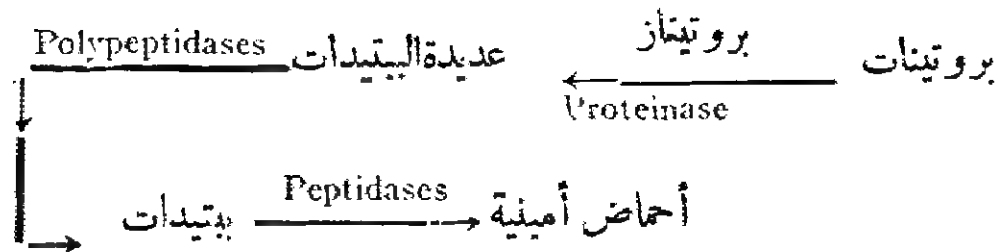
يضاف البروتين إلى التربة عن طريق بقايا النباتات والحيوانات والأسمدة العضوية . وفيما يلي النسبة المئوية للمواد البروتينية الموجودة في بقايا النباتات ، والأسمدة العضوية محسوبة بطريقة كاداهل (النيتروجين الكلى مقدراً بطريقة كاداهل $\times 6.25$)

بقايا النباتات غير البقولية حوالى ١٥ ٪ بروتين .

بقايا النباتات البقولية والأسمدة العضوية من ١٥ — ٢٠ ٪ بروتين .

كسب بذرة القطن وبعض متخلفات الحيوانات مثل الدم المجفف من ٣٠ - ٦٠ ٪ بروتين

تتحلل المواد البروتينية في التربة الزراعية بفعل الميكروبات وتكون في النهاية الأمونيا، وهذه العملية تسمى النشطرة Ammonification. وتحلل البكتريا البروتينات بواسطة إنزيماتها على درجات فتكون أولا بروتوزوات ثم بيتونات ثم عديدة الببتيدات ثم الببتيدات ثم الأحماض الأمينية :

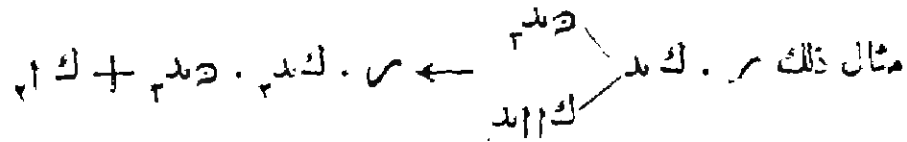


وبعض الميكروبات قادرة على تحليل البروتين . وبعضها غير قادر ، فمثلا Streptococcus و Lactobacillus لا تحلل البروتينات وهي حية ، ولكن يتم ذلك بعد موتها، إذ تخرج الإنزيمات المحللة للبروتينات من الخلايا. ولكن بعض البكتريا الحية الأخرى تحلله وتسمى Proteolytic bacteria فتضم البروتين وتحلله إلى أحماض أمينية للتغذية وللحصول على الطاقة . وتفرز البكتريا التي تحلل البروتينات أنزيمات خارج جسمها ، إنزيمات خارجية Exoenzymes ، وبعض البكتريا التي لا تحلل البروتينات تسمى Non-proteolytic bacteria قد تستطيع أن تستخدم الأحماض الأمينية لإمدادها بالطاقة اللازمة لحياتها .

ويستدل على مقدرة الميكروب في تحليله للبروتينات بالتلقيح في بيئة الجيلاتين المغذى فإذا أذابها (سيولة الجيلاتين) فإن ذلك يدل على أن الميكروب يستطيع هضم البروتينات ، كذلك بتلقيح بيئة لبن عباد الشمس فإذا ذابت الحثرة المتكونة ويتحول لون عباد الشمس إلى الأزرق نتيجة لتراكم الأمونيا فإن هذا يدل على مقدرة الميكروب في تحليل البروتين أيضا

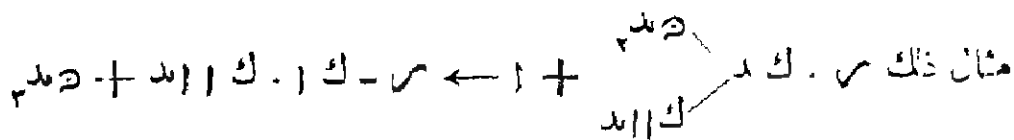
وتحلل الأحماض الأمينية بطريقتين :

١ - انتزاع ك_١ "Decarboxylation" من مجموعة الكاربوكسيل [ك_١ | ك_٢ - ك_٣] :



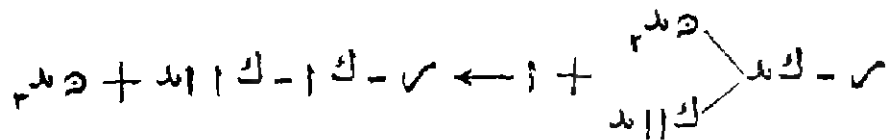
٢ - انتزاع مجموعة الأمينو Deamination

في هذه العملية تفصل مجموعة الأمينو من الحامض الأميني وتحويل غالبا إلى أمونيا [ك_٢ - ك_٣] :

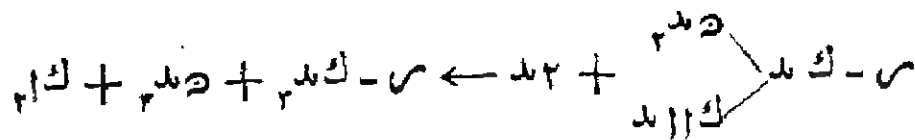
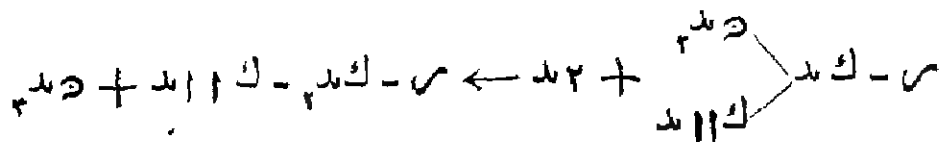


وقد يجرى انتزاع مجموعة الأمينو بعدة طرق كالآتي :

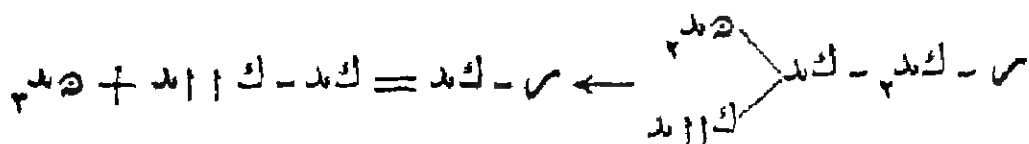
١ - الأكسدة Oxidative



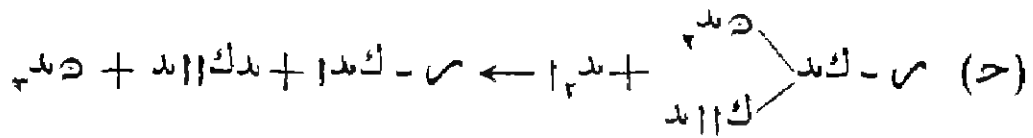
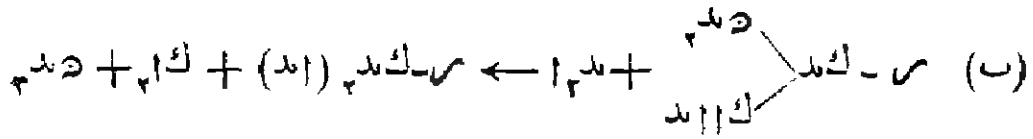
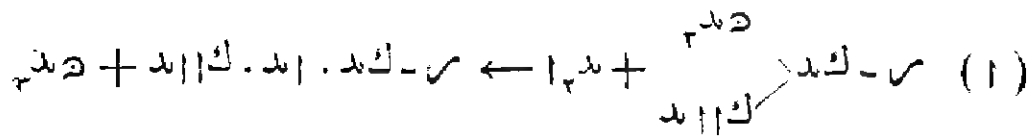
٢ - الإختزال



٣ - عدم التشبع Desaturation



٤ — التحليل المائي Hydrolytic



ويمكن تلخيص التفاعلات السابقة في الآتي :

$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} - \text{S} - \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$			
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} - \text{S} - \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} - \text{S} - \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} - \text{S} - \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} - \text{S} - \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Oxalacetic acid Oxidative	Succinic acid Reductive	Fumaric Desaturation	Malic acid Hydrolytic
الأكسدة	الاختزال	عدم التشبع	التحلل المائي

ونتيجة لتحلل البروتينات في التربة يتكون عادة مركبات مختلفة منها الاندولات و Indol acetic acid الذي يعمل على تشجيع النمو للنباتات فهو إحدى الهرمونات أو الأكسينات Auxins التي تؤثر على نمو النباتات .

وإذا كانت المادة العضوية المضافة للتربة الزراعية غنية بالبروتينات فإن الأمونيا تتراكم نتيجة لتحللها بالميكروبات ، وتشبه في ذلك الحيوانات التي

$$\begin{array}{c} \text{ك} \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{٥ مد} \quad \text{٥ مد} \end{array} \xleftarrow{\text{يورياز}} \text{ك} \text{ا} (\text{مد مد } ٤) \leftarrow \text{ك} \text{ا} + \text{٢ مد} \quad \text{ك} \text{ا} + \text{٢ مد}$$

(كربونات أمونيوم) + مد

١ - ك ه - كا + ٢د١ ← ك ه . ه د + كا (ا د)
 سيناميد الكالسيوم + ماء ← سيناميد + أيدروكسيد الكالسيوم
 ٢ - ك ه . ه د + ٢د١ ← (ه د) ٢ ك ا
 سيناميد + ماء ← يوريا
 ٣ - (ه د) ٢ ك ا + ٣د١ ← (ه د) ٢ ك ا
 يوريا + ماء ← كربونات النشادر
 بكثرها التآزت

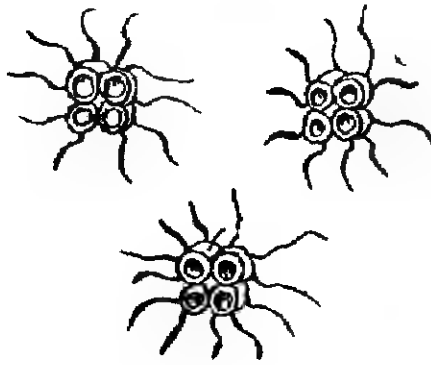
٤ - (مبدئ) ك + ١٤ ← ٢ د ه ١ + ١ ك + ٢ د ٣ + ١
ومن الميكروبات التي تحلل اليوريا إلى
أمرنا الآتي :



- ١ - *Bacillus pasteurii* وهو ميكروب
 ٢ - اسبورانجيدوم
 ٣ - جرثومة
 عصوى متجشمة بجرثومة طرفية مستديرة *Bacillus pasteurii*
 (شكل ٢٣)

منبعجة ويرجد في التربة الزراعية ، وينمو على البيئات القلوية . هذا ويوجد أيضاً حوالي ٥٠٪ من الميكروبات المسماة *B. sphaericus* تستطيع أن تحلل اليوريا إلى أمونيا ، ويمكن الكشف عن ذلك باستعمال محلول مائي لليوريا + دليل الفينول الأحمر ثم يضبط التأثير إلى الناحية الحامضية (اللون الأصفر) ثم يضاف معلق الميكروب وتترك الأنبوبة في الحاضن على درجة ٣٠°م ، فبعد حوالي ساعة نلاحظ أن الدليل بالأنبوبة تغير إلى اللون الأحمر دليلاً على تحلل اليوريا إلى أمونيا .

٢ - *Sarcina urea* وهي ميكروبات كروية في مكعبات ، وتمتاز عن غيرها من هذا الجنس بأنها متحركة بفلاجلات ومتجرثمة موجبة لصبغة جرام . وتوجد في التربة بكمية وفيرة عن *B. pasteurii* ولكن نشاطها أقل ، تنمو على البيئات الصلبة منتجة بمجموعات ذات لون أصفر أو أحمر .



Sarcina urea
(شكل ٢٤)

٣ - الفطريات تستطيع كثير من الفطريات إفراز إنزيم اليورياز وبذلك تقوم بتحليل اليوريا في التربة أيضاً إلى أمونيا وهي مهمة في الأراضي الحامضية التأثير . وفي هذا المجال تجدر الإشارة إلى أن بعض النباتات الراقية غنية في إنزيم اليورياز .

نسبة الكربون إلى النيتروجين بالمادة العضوية

تتحلل البروتينات إلى أحماض أمينية ثم إلى أمونيا كما تتحلل المواد الأزوتية الأخرى إلى أمونيا أيضاً وتسمى هذه العملية « نشدرة » . وتبنى الميكروبات مادتها من نيتروجين المواد الأزوتية في التربة وعليه فإنه يشب جزء أو كل النيتروجين مؤقَّتاً في أجسام هذه الكائنات .

ويتوقف الناتج على مقدار ما تحتويه المادة العضوية من نيتروجين . ويمكن القول عموماً أن الأمونيا تتصاعد بعد أن تستكفي الكائنات الدقيقة حاجتها من المواد الأزوتية ، وهذا طبعاً يعتمد على نسبة ك : ن (C/N ratio) في المواد العضوية .

لذلك يتوقف تصاعد الأمونيا على الآتي : —

١ — عدد الميكروبات

٢ — النسبة المئوية للنيتروجين في المادة العضوية . وتتصاعد الأمونيا في حالة ما إذا كانت نسبة النيتروجين في المادة العضوية كبيرة . أما إذا كانت قليلة فإن الأمونيا لن تتصاعد . فضلاً عن أن نمو الميكروبات سيكون محدوداً وتناسب نمو الميكروبات طردياً مع نسبة الآزوت في المادة العضوية وتراعى عادة القاعدة الآتية : —

إذا كانت نسبة $\frac{ك}{ن}$ واطئة أى \geq أكثر من ١٠٧ .٪ في المادة العضوية فإن الأمونيا تتصاعد .

وإذا كانت نسبة $\frac{ك}{ن}$ عالية أى \geq أقل من ١٠٧ .٪ في المادة العضوية فإن

الأمونيا لا تتصاعد ويتكون بروتين ميكروبي فقط، أى أن البكتيريا تخزن البروتين مؤقتاً حين موتها وتحللها إلى أمونيا .

وبقايا النباتات والحيوانات تتحلل بفعل الميكروبات ؛ فبعضها يتحلل سريعاً كالبروتينات ، والأخرى يتحلل ببطء كبير مثل الشموع والدهون واللجنين، وهذه تكون مع بروتينات الميكروبات ما يعرف بالمواد العضوية بالتربة الزراعية وتشغل الدوبال ،

الجزء الذى يذوب فى القلويات من الدوبال نجد أن $\frac{10-12}{1} = \frac{ك}{ن}$

بينما هذه النسبة فى بقايا النباتات $\frac{15-40}{1}$ فيكون النتيجة إذن خفض

هذه النسبة إلى $\frac{10-12}{1}$

ويتحلل الدوبال ببطء ظاهر إلى ثانى أكسيد الكربون وأمونيا ،
ويتضح من ذلك أنه المخزن الذى يستمد منه النباتات باستمرار المواد الغذائية
اللازمة له .

ويتكون ال Peat فى التربة الحامضية التأثير ذات الرطوبة العالية ،
وهناك يقف فعل الميكروبات وتكون نسبة $\frac{ك}{ن}$ عالية جداً ، ويتراكم باستمرار
ومنه تكون الفحم فى العصور الغابرة .

وبمعرفة طبيعة الميكروبات التى تحلل مادة عضوية — والتركيب الكيماوى
لخلايا هذه الميكروبات والطاقة التى تحصل عليها والتركيب الكيماوى للمادة
العضوية المتحللة والظروف المحيطة من درجة حرارة ورطوبة وحموضة . . الخ
يمكن أن نستنتج النواتج النهائية لعملية التحلل التى ستتكون وكذا سرعة
تكونها وتجميعها .

الفطريات تستعمل المواد العضوية كمصدر للطاقة ولتغذيتها ، فتمثل فى
هيفاتها وجراثيمها ٢٠ - ٥٠ ٪ من كربون المادة العضوية ، أما باقى الكربون
فإنه يتحول إلى ثانى أكسيد الكربون . أو يترك بالتربة على هيئة دوبال
يتحلل ببطء . وللسهولة يمكن اعتبار أن الفطريات تمثل فى خلاياها ٣٥ ٪
من كربون المادة العضوية المتحللة — أما البكتريا فإنها تمثل نسبة أقل من
الكربون عن الفطريات ، ويتراوح تمثيلها للكربون من ١ - ٣٠ ٪ من

كربون المادة العضوية بمتوسط قدره حوالى ٧ ٪ وهذا العدد ملائم لكثير من أنواع البكتريا ، اما الاكتنومييسيس فإن قدرتها على تمثيل الكربون تأخذ حداً وسطاً بين البكتريا والفطريات ، فتمثيلها يتراوح بين ١٥ - ٣٠ من كربون المادة العضوية .

ولا يمثل عادة الكربون بمفرده ، ولكن كميات كبيرة من النيتروجين تمثل أيضاً معه لتكوين بروتين (خلايا) هذه الميكروبات . وعادة تحتوى الميكروبات من حوالى ٤٥ - ٥٤ ٪ كربون وللسهولة يمكن اعتبار أن خلايا الميكروبات تحتوى على ٥٠ ٪ كربون محسوبة على أساس الوزن الجاف . أما محتويات الخلايا من النيتروجين ونسبتها إلى الكربون فيمكن توضيحها فى الجدول الآتى :

الميكروب	ما يحتويه من نيتروجين	نسبة الكربون إلى النيتروجين $\frac{ك}{ن}$
الفطريات	٣ - ٨ بمتوسط ٥	١٠ : ١
البكتريا	٨ - ١٢ بمتوسط ١٠	٥ : ١
الاكتنومييسيس	٧ - ١٠ بمتوسط ٨.٥	٦ : ١

ومن الواضح فى الجدول المتقدم أن الفطريات تمثل نسبة أقل من النيتروجين لكل وحدة كربون وعليه فتمثيلها للكربون كبير .

والعملية الحسابية الآتية نضربها على سبيل المثال . عند تحليل مواد كالسليولوز والقش ودريس البرسيم الحجازى والدم المجفف بالفطريات . وللتسهيل سنفرض أن كل المادة العضوية ستحلل أى لن يبق منها شيء بدون تحليل ، ومن المعروف أن ذلك طبعاً لا يحدث بالتربة الزراعية ، ولكن الخطأ الناتج من هذا الفرض ليس بالكبير ، حيث أنه لن يغير كثيراً فى النتيجة النهائية .

١ - السليولوز : حرث ١٠٠ رطل من السليولوز بالتربة وهذا يحتوى

على ٤٥٪ كربون فلو فرضنا أن ٣٥٪ من الكربون يمثلها الميكروبات
فيكون الحل كالاتي : —

في كل ١٠٠ رطل سليولوز يوجد ٤٥ رطل كربون .

٣٥٪ من هذا الكربون تمثلها الميكروبات .

∴ مقدار ما تمثله هذه الميكروبات = $\frac{35}{100} \times 45 = 15.75$ رطل كربون

واكن عند تمثيل ١٠ أجزاء من الكربون يمثل جزيء واحد من
النروجين (بفرض أن الفطر هو الذي سيقوم بالتحلل).

∴ مقدار ما تمثله هذه الميكروبات من أزوت = $\frac{1}{10} \times 15.75$

= ١.٥٧٥

وحيث أن السليولوز لا يحتوى على نروجين ، فيكون هناك نقصا في
النروجين الذى يجب إضافته إلى البيئة أو إلى التربة التى يحدث بها هذا التحلل .

٢ — البرسيم: إذا حرثنا برسيم قلب بالتربة الزراعية ليضيف مثلا ١٠٠
رطل مادة عضوية (على أساس الوزن الجاف) إلى التربة — وإذا كانت هذه
المادة العضوية تحتوى على ٤٠٪ كربون ، ٢٪ نروجين فانها تمثل
بالميكروبات على النطاق الآتي : —

٤ رطل كربون $\times 35 = 140$. (إذا فرضنا أن ٣٥٪ من الكربون تثبت
في أجسام الميكروبات والباقي (٦٥٪) يتحلل إلى كاه) = ١٤ رطل
كربون مثبتة . وإذا كانت النسبة $\frac{ك}{ن}$ في خلايا الميكروبات = $\frac{10}{1}$

أى أن كل عشرة وحدة كربون تحتاج إلى وحدة واحدة نروجين فإن

كمية النتروجين المثبتة في أجسام الميكروبات = $١٤ \times ٠.٠١ = ١.٤$ رطل
نتروجين مثبت .

وحيث أن المادة العضوية تحتوى على $٢\frac{1}{2}$ رطل نتروجين فتكون
الزيادة = $٢.٥ - ١.٤ = ١.١$ رطل نتروجين زائدة عن حاجة الميكروبات ،
وهذه تتحلل إلى أمونيا $\leftarrow \text{ن.ا.}$ وهذه تفيد التربة الزراعية ولا تشعر
النبات بأى نقص فى أملاح النتروجين .

٣ - التبن : إذا أضيف للتربة ١٠٠ رطل قش القمح (التبن) مثلاً ، هذا
طبعاً فقير فى النتروجين ، إذ تحتوى على ٠.٣٧% كربون ، ٠.٥٠% نتروجين ، وإذا
فرضنا أن ٣٥% من الكربون تثبت فى أجسام الميكروبات ، وكذا
نسبة الكربون / النتروجين ١٠ : ١ كفى المثل السابق فإن : -

كمية الكربون المثبتة فى أجسام الميكروبات = $٣٧ \times ٠.٣٥ = ١٢.٩٥$ رطل

كمية النتروجين اللازم لتثبيت ١٢.٩٥ رطل كربون = $١٢.٩٥ \times ٠.٠١ = ١.٢٩٥$ رطل نتروجين ولكن المادة المضافة (التبن) تحتوى فقط على
 ٠.٥٠% نتروجين ، أى نصف رطل ، لذلك يوجد نقص فى النتروجين بمقدار
 ٠.٧٩٥ رطل . وفى هذه الحالة تفتقر التربة إلى الأزوت ، حيث أن الميكروبات
ستجوز على أملاح النتروجين فى التربة الزراعية (ن.ا. ، ن.ب.م) ، الأمر
الذى يجعل التربة فقيرة إليها ويشعر النبات بنقص فيها ، ولا بد من إعطاء
النباتات فى هذه الحالة الأسمدة الأزوتية . هذا الافتقار مؤقت ، إذ أن
الميكروبات عندما تموت ، تتحلل خلاياها وتعطى التربة ما أخذته من نتروجين
وكربون وعناصر أخرى ثابتة .

٤ - الدم المجفف : إذا أضيف إلى التربة ١٠٠ رطل من دم مجفف يحتوى
على ٠.٤٠% كربون ، ٠.١٠% نتروجين ، فتكون كمية الكربون الممثلة

$$= ٤٠ \times \frac{٣٥}{١٠٠} = ١٤ \text{ رطل .}$$

$$\text{كمية النتروجين الممثلة} = ١٤ \times \frac{1}{10} = ١.٤ \text{ رطل}$$

$$\text{الزيادة من النتروجين} = ١٠ - ١.٤ = ٨.٦ \text{ رطل نتروجين}$$

ومعنى ذلك أنه سيكون بالتربة زيادة قدرها ٨.٦ رطل نتروجين وهذه تتحلل إلى أمونيا نتيجة لعملية النشطرة .

وبالمثل يمكن حساب هذه المسائل عندما تقوم البكتريا أو اللاكتو ميسيس بالتحلل .

وتمثيل الميكروبات للنتروجين مؤقت وليس دائماً إذ أن الميكروبات بعد موتها تتحلل وتنتج عن ذلك الأمونيا ، التي تتأكسد إلى نترات وبالتالي تفيد النباتات وتتم هذه العملية ببطء .

ويمكن تلخيص تحلل المواد العضوية بالتربة الزراعية وتكوين الدوبال على الوجه الآتى : —

إذا حرثنا طن من المواد العضوية (وزن جاف) سواء أكان سماء صناعى أو سماء أخضر أو سماء أسطبل ، فإن الميكروبات تنشط فى التربة الزراعية وتحلل المواد القابلة للذوبان فى الماء أولاً ، ثم يلى ذلك الفشا والبروتينات والهمسليولوز والسليولوز . وفى بحر ١٠ — ٢٠ يوماً تحت الظروف المناسبة من الحرارة والرطوبة والتهوية فإن ١٠٠٠ — ١٢٠٠ رطل تترك بدون تحلل من ٢٠٠٠ رطل (١ طن) التى أضيفت إلى التربة . وهذا الوزن الذى لم يحلل بعد عبارة عن بعض سليولوز — بتوزانات — دهون — لجنين — كمية كبيرة من الشموع والسكريات وكمية كبيرة من المواد الناتجة عن تمثيل ميكروبات التربة . ونجد أن معظم البروتينات الأصلية قد اختفت وتكون بدلها بروتين ميكروبي وبعض الأمونيا والنترات ، وهذا طبعا يتوقف على كمية النتروجين التى تحتويها المادة العضوية المحللة فإذا كان النتروجين موجود بنسبة أقل من ٢ ٪

فإن كمية قليلة من النتروجين تتحول إلى الصورة المعدنية أما إذا كانت نسبة النتروجين تزيد على ٢٪ فإن كمية كبيرة منه تتحول إلى أمونيا أو نترات في بحر ٢٠ يوما تحت الظروف المناسبة .

وبعد شهر من التحلل فإن المواد العضوية الباقية بالتربة نأخذ صورة أخرى . فإذا كانت المادة العضوية الأصلية تحتوي على كمية كبيرة من النتروجين كأن تكون سماد أخضر غني بالبروتين ، فإنه قد يبقى حوالي ٤٠٠ - ٦٠٠ رطل بدون تحلل من هذا الطن المضاف إلى التربة . والمتبقى هذا يكون عبارة على اللجنين وبعض الدهون والشموع والأحياء الدقيقة والميكروبات المتكونة نتيجة لتغذيتها على المادة العضوية والتي تتكون من بروتين همسليولوز شيتين وغيرها . والمتبقى هذا بالتربة جميعه سواء أكان في صورة مواد ممثلة (مثل الميكروبات وأحياء التربة) أو باقى المواد العضوية التي لم تتحلل بعد تعرف باسم المواد العضوية بالتربة أو الدوبال Soil organic matter or Humas . أما إذا كانت المادة العضوية المضافة للتربة فقيرة في الأزوت ، كأن تكون قش قمح أو أرز (تحتوي على ١٪ / نتروجين) فإن تحلل هذه البقايا يكون بطيء جداً ، لأن العامل المحدد في هذه الحالة هو كمية النتروجين الموجودة بالتربة ، وقدرة الميكروبات على إستخلاص هذه الكمية من النتروجين الموجودة بالتربة ومن بقايا النباتات .

ولست المواد العضوية متجانسة التركيب والتوزيع بالتربة الزراعية ولذلك فإنها عند تحللها نأخذ صور عديدة ، وعليه فإن حالة هذه المواد العضوية بالتربة ليست ثابتة ولكنها دائماً في تغير مطرد ، فصورتها اليوم ليست كصورتها بالأمس . وهذه المواد العضوية تعطى دائماً سيلا لا ينقطع من ثانى أكسيد الكربون نتيجة لتحللها المستمر ، وطبيعياً أنه لو تركت التربة بدون زراعة فإن كمية ثانى أكسيد الكربون تقل باستمرار . وتاحب الأمطار

والجفاف والحرارة والبرودة دوراً كبيراً في تغيير خواص التربة وكذا نشاط الميكروبات بها ، وبالتالي طبيعة تحمل المواد العضوية التي تحتوى عليها ، كما أن طبيعة النباتات النامية على هذه التربة والعمليات الزراعية من شأنها أن تغير من خواص التربة ، وكذا من كمية المواد العضوية بها . فالمواد العضوية بالتربة تقل إذا لم يضاف إليها أسمدة عضوية بنسبة كبيرة ، خصوصاً إذا عرفنا أن حوالى ٣٠ مليون جرام ثانى أكسيد الكربون قد تخرج من حوالى كيلوجرام من تربة متوسطة الخصوبة كل يوم لمدة ٢٠٠ يوماً سنوياً . وهذا يعنى أن حوالى الطن والنصف من الكربون يفقد فى العام من كل فدان الذى يحتوى على ٢ مليون رطل . ولقد أوضح Boussingault إن حوالى نصف كمية الكربون التى تحويها التربة تفقد فى حوالى ١١ عاماً على هيئة كاش .

ومن الضرورى معرفة التركيب الكيماوى للسماد العضوى أو بقايا النباتات أو الحيوانات المضافة إلى التربة والتى تتحلل بواسطة ميكروبات التربة ، وكذا الظروف المحيطة لهذا التحلل ، وذلك لكي تحكم على سرعة تحللها ، وبالتالي على تكوين العناصر الضرورية اللازمة لتغذية النباتات ، وعلى كمية الدوبال المتكون بالتربة .

تأثير إضافة الأسمدة العضوية وعلاقتها بأزوت التربة

كما تقدم نعلم أن الميكروبات تحتوى على حوالى ٥٠٪ كربون ، ولكن كمية النتروجين الموجودة فى الخلايا (وزن جاف) تختلف من ميكروب إلى آخر ، فهى فى البكتريا تختلف عنها فى الفطار ، وكذا الاكتنوميسيس . ومعظم الكربون الموجود فى المادة العضوية يتحلل بواسطة البكتريا إلى كالم نتيجة لعملية التمثيل ، والبعض الآخر يثبت فى أجسام الميكروبات . ولكنه لى يثبت فى أجسام هذه الكائنات لابد من وجود النتروجين ، إذ أن هذا الأخير يحدد النسبة التى تكون البروتين الميكروبي . وهذا يتوقف على نسبة النتروجين

في المادة العضوية المضافة للتربة (الأسمدة بقايا - النباتات . . .)
وهذا طبعا إلى جوار وجود المواد الأخرى مثل الفوسفات - الكبريتات -
- أملاح البوتاسيوم . . الخ . فإذا كانت المادة العضوية المحللة تحتوي على
أكثر من ١.٥٪ / تروجين تقريرا فإنه يكون كافيا لتكوين أجسام الميكروبات
، البروتين الميكروبي ، ولكن إذا وجد بنسبة أقل من ١.٥٪ / ففي هذه الحالة
تفتقر التربة الزراعيه إلى الأزوتات لأن الميكروبات تثبت النتريت -
النترات - أملاح النشادر الموجودة في التربة ، الأمر الذي يسبب نقصا في
هذه الأملاح التي لاغنى عنها للنباتات . ويجب أن تعطى النباتات هذه الأملاح
ولا تسبب عن ذلك أمراضا فسيولوجية واضحة على النباتات . أما إذا احتوت
المواد العضوية المضافة للتربة على نسبة عالية من الأزوت فإن الزيادة عن
حاجة الميكروبات تحلل إلى أمونيا نتيجة عملية « النشدر » ، وتسرّب إلى
التربة ، وهذه تتأكسد بفعل ميكروبات خاصة إلى داء ثم إلى داء بواسطة
عملية التآزت ، ولا يخفى ما للنترات من أهمية عظمى للنباتات .

جدول ١٤

نواتج تحلل نبات الراى عند نخله على مراحل نموه المختلفة (تحليل
النبات الاصلى انظر جدول رقم ١٢ السابق)

مرحلة النمو	كمية النواتج عن التحلل بالمليجرامات	الناتج عن التحلل (عملية النشدر) بالمليجرامات	كمية النيتروجين المستهلكة من التربة المضافة إلى التربة بالمليجرام (أملاح الصوديوم)
الأولى	٢٨٦٠٨	٢٢٠٢	٠
الثانية	٢٨٠٠٤	٣٠٠	٠
الثالثة	١٩٩٠٥	٠	٧٠٥
الرابعة	١٨٧٠٩	٠	٨٠٩

جدول ١٥
تأثير كمية النتروجين الكلية التي تحتويها بقايا النباتات على كمية
النتروجين المثبتة على هيئة نترات .

نوع جذور (بقايا) النباتات	كمية النتروجين في الجذور	وزن الجذور المستعملة بالجرامات	النتروجين الموجود على هيئة نترات مليجرام
تربة غير معاملة	—	٥	٩٤٦٠٦
شوفان	٠٠٤٥	١٣٣٠٢	٢٠٧٠٣
حشائش نوع Timothy	٠٠٦٢	٩٦٠٨	٣٩٨٠٤
ذرة	٠٠٧٩	٧٥٠٩	٥١٠٠٦
برسيم	١٠٦١	٣٥٠١	٩٢٤٠٤

يلاحظ من الجدولين السابقين أنه كلما احتوت بقايا النباتات على نسبة عالية من النتروجين كان التحلل مصحوبا بإضافة نتروجين مثبت إلى التربة الزراعية . أما إذا كانت نسبة النتروجين واطئة فإن التحلل يكون مصحوبا باستهلاك أملاح النتروجين الموجودة بالتربة، ولذا يجب أن تضاف كمية من هذه الأملاح لكي لا يحدث افتقار فيها وتظهر على النباتات أعراض نقص النتروجين، وكذا للأسراع في هذا التحلل .

وسرعة تحلل بقايا النباتات والحيوانات يمكن قياسها بواسطة عدة طرق، وهذه الطرق مبنية على نواتج عملية التحلل — إختفاء مواد خاصة تحتويها البقايا النباتية أو الحيوانية المحللة مثل السكريات أو السليولوز أو البنتوزانات أو مواد نيتروجينية خاصة أو ظهور مواد غير قابلة للتحلل مثل اللجنين، وتحولها إلى دوبال . ويشاهد من الجدول رقم ١٦ أنه يمكن استعمال نتيجة زيادة كمية الرماد كوسيلة لقياس سرعة تحلل بقايا عيدان الذرة المستعملة .

جدول ١٦
التغيرات الكيماوية التي تحدث بعيدان الفرة عند تحللها بواسطة
الميكروبات .

التركيب الكيماوى	المبدان الأصلية قبل بدء التجربة	عدد	أيام	نسبة	التحلل
		٢٧	٦٨	٢٠٥	٤٠٥
		%	%	%	%
المواد الذائبة فى الأثير	١٠٨٠	٢٠٢٢	٠٠٨٠	٠٠٦٤	٠٠٢٥
المواد الذائبة فى الماء البارد	١٠٠٥٨	٣٠٤٣	٥٠٢٧	٣٠٩٦	٤٠٥٩
المواد الذائبة فى الماء الساخن	٣٠٥٦	٢٠٤٥	٣٠٢٠	٥٠٢٦	٨٠٧١
الممسلولوز	١٧٠٦٣	١٥٠٥٦	١٦٠٤١	١٠٠٦٨	١٠٠٣٩
السلولوز	٢٩٠٦٧	٢٣٠٨٠	٢١٠٩٣	٦٠٢٨	٥٠٠٥
اللجنين	١١٠٣٨	١٧٠٧٠	١٩٠١٢	٢٣٠٨٣	٢١٠٣٠
البروتين الخام	٢٠٥٠	٤٠٨١	٦٠٨٤	١٠٠٩٣	١٢٠١٢
الرماد	٧٠٥٣	—	—	٢٦٠١٢	٢٩٠٤٣

جدول ١٧
تحلل ١/٢ جرام من المواد البروتينية وتكوين الامونيا بالميجرام نتيجة
عملية النضرة فى مدة ٤٠ يوما .

المادة البروتينية	بكتريا عملة للبروتينات Bacterium	الميكروبات المستعملة
		Rhizopus Streptomyces B. subtilis
الجلاتين	٢٥,٤٥	٤٢,٨٢
الكازين Casein	٢٧,٥٧	٢٣,٤٣
الجليادين Gliadin	٢٩,٩١	١٤,٥٥
الفبرين Fibrin	١٩,٧٦	١٨,٥٥
الاليومين	١٥,٧٥	١٤,٥٤
الزين Zein	٢٥,٨٦	٧,٦٨
		٧,٨٧
		٢,٤٣

بمقارنة الفطر والاكتنومييسيس مع البكتريا يلاحظ أن البكتريا تكون خلاياها من كميات ضئيلة من البروتينات ، ولكنها تنتج كميات أكبر من النشادر عن الفطر والاكتنومييسيس كنتيجة لعملية النشدر .

العوامل التي تساعد على تحلل بقايا النباتات :

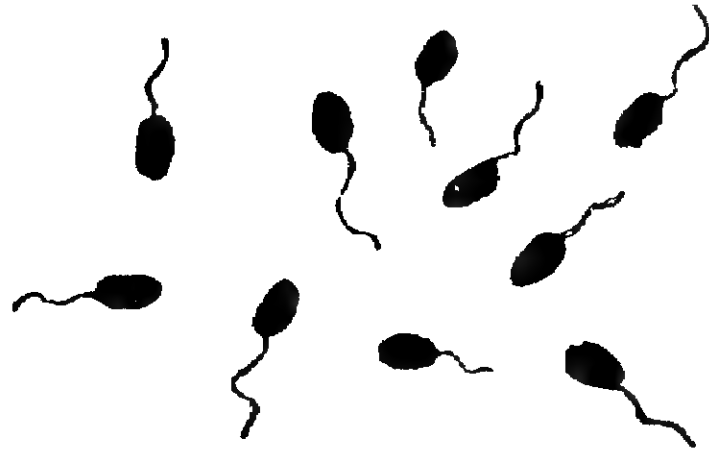
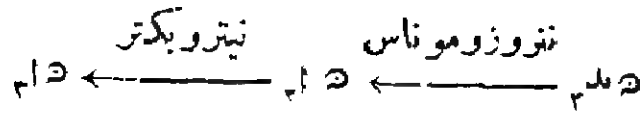
تساعد العوامل الآتية على تحلل بقايا النباتات بسرعة في التربة الزراعية :

- (١) وجود نسبة بسيطة من اللجنين والشموع ببقايا النباتات المتحللة .
 - (٢) وجود نسبة عالية من المواد النتروجينية .
 - (٣) أن تكون هذه البقايا مفتتة وموزعة بالتربة .
 - (٤) درجة تركيز أيون أييدروجين (حموضة) مناسبة .
 - (٥) أن تحتوى التربة على رطوبة مناسبة .
 - (٦) وجود تهوية مناسبة حيث أن ذلك من شأنه أن يشجع مجموعة خاصة من البكتريا دون غيرها .
 - (٧) درجة حرارة عالية عادة تتراوح ما بين ٣٠ - ٤٥ م .
 - (٨) وعموما كلما كانت المواد المتحللة غير متجانسة أى مختلطة كلما كان تحللها أسرع . فمثلا إذا مزج تبين القمح مع دريس البرسيم وخطط جيدا بالآسمدة البلدية المحتوية على براز الحيوانات فإن تبين القمح يتحلل سريعا عما لو أضيف بمفرده بالتربة الزراعية .
- ويلاحظ أن الأراضي المصرية عمرها تعتبر فقيرة في المادة العضوية ، فلا تزيد عادة عن ١,٥ - ٢ ٪ ، وذلك لتوافر العوامل المختلفة التي تساعد على استمرار نشاط الميكروبات مثل الحرارة المناسبة والتهوية والرطوبة وارتفاع محتويات التربة من كربونات الكالسيوم .

عملية التآزت البيولوجي (تكوين الآزوتيت ثم الآزوتات)

Nitrification

تتحول بالتربة الأمونيا الناتجة من تحلل المواد العضوية المحتوية على نسبة عالية من النتروجين نتيجة عملية النشدر Ammonification أو المضافة عن طريق الأسمدة النوشادرية بالأكسدة إلى نيتريت ثم نترات تحت تأثير عمليتين تقوم بهما الميكروبات :



شكل ٢٥

نيترومونااس

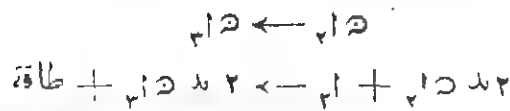
وبعض النباتات تستطيع تمثيل أملاح الأمونيوم مباشرة كذا الأحماض الأمينية ، ولكن معظم النباتات تفضل تمثيل أملاح النترات ، وهذا ما يجعل لهذا التفاعل أهمية كبيرة في التربة الزراعية . وعادة عملية تكوين النترات أسرع من تكوين النشادر ، وذلك تحت الظروف العادية ، إلا إذا أضيفت مواد عضوية تحتوي على نسبة كبيرة من النتروجين . وفي هذه الحالة فإن النشادر المتسكونة تزداد في كميته عن الآزوتات المتسكونة ، الأمر الذي يسبب خسارة في النشادر بتسربها إلى الهواء الجوى .

وعملية التآزت Nitrification تتم في التربة على مرحلتين :

١ - تكوين الأزوتيت :

$$2\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O} + \text{طاقة}$$
 يتم ذلك بواسطة بكتيريا نيتروزوموناس Nitrosomonas وبكتيريا نيتروزوكركاس Nitrosococcus وهي كرية صغيرة غير متجربة .

٢ - تكوين الأزوتات :



شكل ٢٦
نيتروزوموناس

ويتم هذا بواسطة بكتيريا Nitrobacter وهي عصوية صغيرة غير متجربة .
 وهذه الميكروبات أى الثلاثة أجناس أوتوتروفية هوائية حتما توجد في التربة ، ويختلف عددها من بضعة مئات إلى حوالي ٢ مليون في الجرام الواحد في التربة ، وكما العمليتين عبارة عن أكسدة بأكسوجين الجو .
 ولقد اقترح العالمان Khuyver & Donker الخطوات التي يتم بها أكسدة النشادر بواسطة النيتروزوموناس كالآتي :



ایدر وکسید الامونیوم ایدر وکسل آمین حامض هیپو نتریت حامض نتریت

كما أوضح نفس العالمين السابقين الصورة التي يتم بها أكسدة حامض
النتريت بواسطة النتروباكتر على الوجه التالي :-



فتحصل هذه الميكروبات على طاقتها من هذه الأكسدة ، وتحصل على الكربون من ك_أ ، وتحصل على النتروجين لتكوين خلاياها من الأمونيوم في حالة العملية الأولى، أو من حامض الأزوتيت في حالة العملية الثانية. والمواد الأخرى تحصل عليها من الأملاح غير العضوية — وعملية الأكسدة هي المصدر الوحيد للطاقة ، والأحماض التي تنتج (النتريت والنتريك) تتفاعل مع الأملاح الموجودة بالتربة مكونة أملاحها ،

وتنتشر الميكروبات في التربة على نطاق واسع وهي مهمة جداً كما سبق القول ، وفيما يلي العوامل التي تساعد على نشاط هذه الميكروبات :-

١ - الرقم الايدروجيني

وجد أن الحموضة المناسبة لنمو هذه الميكروبات من رقم ايدروجيني ٦,٥-٨، وتنمو ببطء في الأراضي الحامضية ٣,٥ pH. أو القلوية. ونشاطها يكون على أشده في التربة التي تحتوي على أملاح ومواد منظمة Buffer substances، إذ أن الأخيرة تعادل الأحماض المتكونة، وافتقار التربة لتلك المواد يسبب تراكم الأحماض (التريت والتريك)، الأمر الذي يجعل حموضة التربة عالية، وهذا يحد من نشاط وتنفس ونمو هذه الميكروبات كما يرى من النتائج التالية التي توضح:

العلاقة بين الرقم الأيروجيني للتربة ومدى إنتشار بكتريا التآزت
(عن ولسون)

الرقم الأيروجيني للتربة	عدد بكتريا التآزت
٦,٢	أقل من ١٠٠٠
٦,٤	٣٥٠٠
٦,٦	٦٢٨٠
٦,٨	٢٥٠٠٠
٧,٠	٣٥٠٠٠

يلاحظ مما سبق أنه كلما زادت حموضة التربة كلما قل عدد بكتريا التآزت

٢ - الأكسوجين

هذه الميكروبات هوائية حتما . ويقف عملها تماما عندما يكون الوسط لاهوائى، لذلك فهوية التربة مفيد لهذه الميكروبات (العزق والحراث) .

٣ - الرطوبة

التنفس والنمو والتمثيل لهذه الميكروبات يكون مثاليا في درجة رطوبة حوالى ٥٠ ٪ ، وجود كمية كبيرة من الماء يجعل الوسط لاهوائى ضاراً بها .

٤ - إضافة أملاح الأامنيوم

ميكروبي النتروزموناس والنيتروبا كتر تحتاج إلى أملاح الأامنيوم ، فالأولى تؤكسد هذه الأملاح إلى أملاح النتريت ، والثانية تؤكسد النتريت إلى نترات . وفي حالة نقص هذه الأملاح فإنها تقف عن النمو . ومصدر الأامونيا في التربة كما نعلم من عملية النشطرة التي تجريها الميكروبات الهتروتروفية التي تحلل المواد العضوية النتروجينية . كذلك تنشط هذه الميكروبات بإضافة أسمدة أملاح الأامنيوم مثل (ندى) كبا ، وغيرها . وفي الظروف العادية لا تنرا كم أملاح النتريت في التربة العادية ، وعادة لا تضاف أملاح النتريت كماد لأن الكثير منها سام للنباتات . مما تقدم يرى أن أملاح النواشدر هامة جداً لهذه الميكروبات .

٥ — الحرارة

درجة الحرارة المثلى لهذه الميكروبات حوالى 25°C والصغرى 10°C والقصى 38°C

٦ — عوامل حائلة للنمو Inhibitory agents

وجرد مواد عضوية لا تحتوى على النتروجين بكثرة لا تساعد على نمو هذه الميكروبات ، كذا وجود الأملاح الضارة والزيوت توقف نشاطها .
البيئة المناسبة لتنمية ميكروبي عملية تكوين الازوتيت في المعمل :
يستطيع هذان الميكروبان النمو في المعمل على البيئة المتكونه من ١٪ سلفات الأمونيوم + الأملاح المختلفة اللازمة لنموها + كربونات الأمونيوم أو كربونات المغنسيوم (هذه تعمل على تعادل الحامض الناتج) وتجعل البيئة تميل إلى القلوية الخفيفة ٧،٢ .

البيئة المناسبة لتنمية النيتروبا كتر في المعمل :

تتركب البيئة من ١ ٪ أملاح النتريت والأملاح المختلفة اللازمة لنموها مع تعديل البيئة إلى القلوية قليلا .

وفي كلتا الحالتين لابد من زراعة هذه الميكروبات تحت اشروط الهوائية على درجة 25°C . أحيانا تستعمل السليكا الغروية لعزل هذه الميكروبات من التربة لتفادى إستعمال الأجار وهو مادة عضوية . وتحضر السليكا الغروية بإضافة حامض معدني مثل يد كل إلى سلكات انصديوم فتتكاثف جزيئات حامض السيليسيك Silicic acid ، ويكون محلول غروي ، وللعزل تحضر البيئة الصلبة بإستعمال البيئات السابق شرحها (أى بيئة النيترومونات أو بيئة النيتروبا كتر السائلة) + حامض يد كل + سلكات انصديوم + ماء الجير ، وتصب في الأطباق ثم تعزل الميكروبات بطريقة الأطباق الخطوطة .

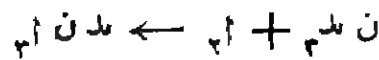
تجدر الإشارة هنا أن الأبحاث الحديثة أثبتت وجود بعض ميكروبات التربة التي تستطيع أن تؤكسد الأمونيا إلى نتريت مثل الاستربتوميسيس .

وبعض البكتريا العادية في التربة . كما أثبتت أيضاً وجود بعض الفطريات التي تستطيع أن تجرى عملية التآزت ، ولقد وجد أن معظمها سلالات من الفطر *Aspergillus flavus* والقليل من جنس البنسليوم .

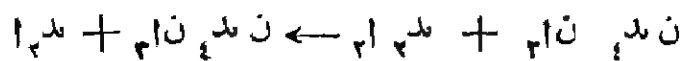
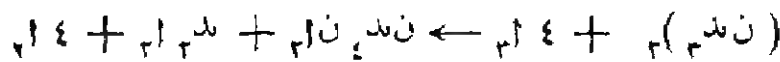
عملية التآزت غير البيولوجية

Non biological nitrification

يمكن للأمونيا أن تتأكسد إلى حامض نيتريك



وذلك على درجة حرارة عالية مع استعمال بعض العوامل المساعدة مثل الأكسدة الالكتروليتية Electrolytic oxidation للأمونيا في وجود *Copper oxyhydrate* . ويمكن أن يحدث هذا أيضاً بكميات قليلة إذا كان الجو مشبعاً بالأمونيا مع وجود أيروكسيد الحديدك . ويمكن للأمونيا أيضاً أن تتأكسد إلى حامض نيتريك بواسطة الأشعة فوق البنفسجية *Ultraviolet radiation* ، وقد تمكن *Webber & Weith* من أكسدة الأمونيا بواسطة H_2O إلى حامض نيتريك ، كذلك تتفاعل الأمونيا مع الأوزون فتعطى نترات الامونيوم .



ولقد وجد أحد العلماء الهنود أن أكسدة الأمونيا وكذا أملاح الأمونيا يمكن حدوثها بالتربة الزراعية بواسطة ضوء الشمس (طاقة) في وجود *Photo sensitizing substances* مثل TiO_2 و ZnO وهانين المادتين من أنشط المواد لإيجاد هذا التفاعل . والقلوية تساعد على هذه الأكسدة أيضاً ، ولكن الحموضة لا تساعد عليها . ويقال أن هذا التفاعل يحدث بالاراضى الاستوائية ، ولكن هذه الأبحاث مازالت تحتاج إلى برهان قاطع .

واقـد ذكر حدوث هذه العملية في مياه البحار، ولهذا تعتبر أكسدة الامونيا إلى نترات بيولوجيا هي العملية الرئيسية في التربة الزراعية .

فقد الأزوت من التربة

هناك جملة عمليات بواسطتها يفقد الازوت من التربة تشمل الآتي :

١ - فقد بيولوجي يحدث نتيجة عمليات الاختزال وانطلاق الازوت وتمثيل الازوت في خلايا الميكروبات . وفي بعض هذه الاحوال الفقد يكون مؤقتاً .

٢ - فقد غير بيولوجى . كالفقد الكيماوى ، والفقد بالترشيح أو الصرف والتطهير (ندم) كما قد تثبت الامر نياً وذلك بأن تدخل فى التركيب البنائى بلورات معادن الطين Crystal lattice of clay minerals وسنتكلم عن هذه العمليات .

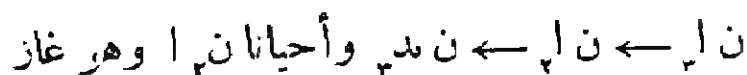
أولاً- اختزال الأزوتات وتحرير (انطلاق) الأزوت

Nitrate reduction and denitrification

قد تخزنل المترات فى التربة الزراعية تحت الظروف غير الهوائية بواسطة أنواع كثيرة من البكتريا الاوتوتروفية والهتروتروفية وهذا يحدث بطريقتين :

١ - اختزال النترات

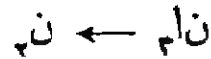
وذلك باختزال النترات على الصورة الآتية :



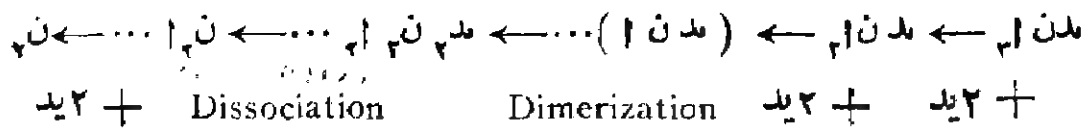
وهذه العملية يشاهد أنها عكس عملية التآزت تماما .

٢ — تحرير أو انطلاق الأزوت

وفي هذه الحالة تختزل النترات إلى أزوت مطلق



ولقد اقترح Kluyver & Donker الخطوات التي يتم بها اختزال النترات في المعادلة الآتية :



١ — الخطوة الأولى تتم نتيجة لفعل أنزيم النتراتيز Nitrataze . عند تكوين النترات تسهل العملية لان معظم الميكروبات قادرة على تمثيل النترات وتحرير النتروجين . بعض هذه الميكروبات لا تستطيع إفراز أنزيم النتراتيز ولذلك فإنها تبدأ عملية انطلاق الأزوت عند وجود النترات .
٢ — الخطوة الثانية غامضة ، ولذا وضعها العالمان كفرض ، كما افترضنا أيضا ان (ن +) Dimerize إلى حامض هيبونترت ، وهو مركب غير ثابت يتحلل إلى أكسيد أزوت و ماء .

والعملتان السابقتان تحدثان تحت الظروف غير الهوائية أى في حالة عدم وجود الأكسوجين . الميكروبات الهوائية لا تستطيع أن تستعمل النترات كمصدر للأكسوجين وتحتزلها تحت الظروف اللاهوائية ، وذلك لأن كسدة المواد العضوية (استعمالها كمصدر للطاقة) مثل السكريات الأحادية والأحماض الدهنية والجليسول والأحماض الأمينية وغيرها .

والبكتريا اللاهوائية تستعمل النترات كمصدر للأكسوجين وتحتزلها تحت الظروف اللاهوائية لأن كسدة مراد أو مركبات قابلة للأكسدة .

وفيما يلي بعض التفاتات التي يحدتها النوعان المذكوران من البكتيريا:

١- الميكروبات المتروترافية

(1) ك_١ بد_{١١} + ١٢ بوه_١ اختزال الترات ١٢ يون_١ + ١٢ بد_١ + ١٢ ك_١ + طاقة

(ب) هك يدك ۱۱ يد ۸ نو ۱۲ اطلاق الأزوت. ۱ ك ۲۴ + ۱۶ + ۸ نو يد

Cl. welchii E. coli فلقد وجد أن

تستطيعان أن يحتزلا التترات إلى نيتريت في وجود مراد معطية

للأيدروجين hydrogen donator بواسطة إنزيم يعرف باسم Nitratase

Formic dehydrogenase مثلاً إنزيم

dehydrogenase وبذلك يستطيع الميكروب أن يؤكسد حامض الفورميك

تحت الظروف اللاهوائية في وجود الغترات ، وفيما يلي التفاعل الذي يوضح ذلك :

بدك ابد + بدن ا ← ك ا + بد ا + مدن ا

Nitrataze بائنزيم Possess الميكرويين السابقين مزود

الذي يعمل على تنشيط الغمترات يجعلها قابلة للهيدروجين، وفي وجود مواد

معطية للميدروجين فإن هذه الميكروبات تعمل على اخزال النترات إلى

فيتريت ثم إلى أمونيا مع احتمال تكرين الهيدروكسيل أمين متوسط التفاعل

$$d_2 = d_1$$
$$۱۳ + ۱۲ \leftarrow ۱۱ + ۱۰$$
$$x \text{ مد } + \text{ مد ن ا } \leftarrow \text{ ن مد ا مد } + \text{ مد ر ا}$$
$$3 + 1 \leftarrow 2 + 3$$

وعليه فيكون الحاصل النهائي للتفاعل :

$$1, 2, 3, \dots, n \leftarrow 1, 2, 3, \dots, n$$

ولقد وجد عموماً أن عنصر المولبدنوم هام لعملية اختزال النترات ، إذ أن أنزيمات ديهيدروجينيز الخاصة بالعملية تحتاج إلى هذا العنصر .

٢ - الميكروبات الاوتوتروفية

كـب + دـ٢ + ١ + ٢ بون ١ ← اختزال النترات دـ٢ كـب ١ + ٢ بون ١ + طاقه
هـ كـب + ١ + ٢ بون ١ ← انطلاق الأزوت هـ كـب ١ + ٢ بون ١ + ٢ بون ١ + ٢ بون ١ + ٢ بون ١
والنترت المتكون ربما يختزل إلى نـ ، أو يتركب ثانوية بواسطة
النتروباكتريا إلى نترات إذا توفرت في هذه الحالة الشروط الهوائية وعادة
لا تتراكم أملاح النترت في التربة الزراعية .

أما نـ المتكون بواسطة (إطلاق الأزوت) فإنه يتسرب إلى الجو ،
أو قد تمثله الميكروبات المثبتة للنتروجين تحت الظروف اللاهوائية ، أو
الهوائية . وعلى العموم فإن عمليتي اختزال النترات أو انطلاق الأزوت
غير مرغوب فيهما في التربة الزراعية بتاتا ، إذ أنهما تسببان خسارة كبيرة
للنترات الهامة للنباتات ، الأمر الذي يقلل من خصوبة التربة الزراعية .

والظروف التي تساعد على حدوث العمليتين تلخص في الآتي :

(أ) وجود الأزوتات والمواد القابلة للأكسدة بالتربة الزراعية

حيث أن معظم الميكروبات التي تحدث هذا التفاعل هي ميكروبات
هتروتروفية لاهوائية أو لاهوائية اختياراً ، فإن وجود المواد القابلة للأكسدة
بكثرة يساعد على اختزال النترات في التربة الزراعية . لأن وجود هذه
المواد عادة ينشأ عنه وجود الظروف اللاهوائية نتيجة لنشاط الميكروبات
الزائد ، فتتمو بشدة وتستهلك الأكسوجين الموجود بالتربة .

(ب) عدم وجود الأكسوجين : وهذا يحدث عادة عند وجود كميات
كبيرة من المواد العضوية كما سبق ذكره ، وكذا عن وجود كمية كبيرة من

الماء بالتربة Water-Logged soil (تربة غدقة) . وفي حالة ما إذا توفر
الأكسوجين فإن هاتين العمليتين تقفا ، أى أن عدم وجود الأكسوجين .
شرط أساسى لحدوثهما . وتوضح العلاقة بين النسبة المئوية للأكسوجين المطلق
والنيتروجين الناتج عن عملية انطلاق الآزوت كما يلى :

النسبة المئوية	مليجرامات نيتريت تختزل فى ٥ ساعات	١٪ فى الجو
١٠٠	١٥٦	٠
٧٥	١١٧	٠.٥
١٨	٢٩	٦.٠
٣	٥	١٠
صفر	صفر	٢٠ (مثل الجوالامادى)

من ذلك يلاحظ ، أنه كلما زادت نسبة الأكسجين المطلق كلما قلت كمية
النيتروجين الناتجة عن اختزال النترات بعملية إطلاق الآزوت ، حتى إذا
ما وصلت نسبة الأكسوجين إلى ٢٠ ٪ ، أى مثل الجو العادى ، فإن عملية
انطلاق الآزوت تقف تماما .

(ح) وجود الرطوبة : وجود كمية كبيرة من الماء بالتربة يهيئ الظروف
اللاهوائية المناسبة للعملية .

(و) درجة الحموضة : تذكر هذه العملية مثلى فى الأراضى القريبة
من التعادل ، وعملية اختزال النترات تجعل التربة عادة قلوية التأثير نتيجة
لتراكم الأمونيا ، كما أن اختزال حامض النتريك يؤدى نفس الغرض ولكن
الواقع أن بعض البكتيريا الأوتوتروفية التى تحدث هذا التفاعل الأخير ربما
تزيد من درجة الحموضة من ناحية أخرى ، نتيجة لتكون الأحماض ، مثل
البكتيريا التى تؤكسد الكبريت ، وعموما يمكن القول بأن التغير الناتج فى
الحموضة (سواء للقلوية أو الحامضية) المتولد عن التفاعلات فى كاتما الحاتين
ليس له تأثير يذكّر فى عمليتي إختزال النترات وانطلاق الآزوت .

(هـ) درجة الحرارة : تحدث هاتان العمليتان على درجة حرارة أعلى من درجة التجمد قليلا (صغرى) حتى تصل إلى ٧٠°م (قصوى) ، أما درجة الحرارة المثلى فهي (١٥ - ٤٥°م) حيث أن أغلب ميكروبات التربة الزراعية محبة لدرجة الحرارة الوسطى Mesophilic .

ويجب أن يعلم أن هاتين العمليتين تسببان خسارة كبيرة في السماد العضوى ، وذلك إذا توفر وجود النترات ، أما إذا حفظ السماد العضوى مضغوطا وبه نسبة كبيرة من الرطوبة فإن هاتين العمليتين لا تحدثان ، حيث أن الأمونيا تكون فقط ولا توجد الظروف المناسبة (ظروف هوائية) لتكوين النترات .

الميكروبات التى تسبب اختزال الازوتات :

هذه الميكروبات أنواع كثيرة من أجناس مختلفة، فمنها العصوى المتجثر ثم مثل Bacillus ، C. welchii ، والعصوى القصير غير المتجثر ثم مثل E. coli ، وغيرها من الميكروبات. ولقد اتخذت هذه الظاهرة (اختزال الازوتات) كاحدى وسائل التعرف على أنواع الميكروبات وكذا أيضا انطلاق الازوت

الميكروبات التى تسبب انطلاق الازوت :

مثل : Serratia

Chromobacteria

Pseudomonas aeruginosa

B. stutzeri

B. licheniformis

Thiobacillus denitrificans

Micrococcus

وغیرها من الميكروبات .

ثانيا - تثبيت النترات وأملاح الأمونيوم الموجودة في التربة

في خلايا الميكروبات

Bacteria Binding soil Nitrate and Ammonium salts

يحدث أن تثبت النترات وأملاح الأمونيوم الموجودة بالتربة الزراعية بتمثيلها بالبكتريا ، وذلك في الحالتين الآتيتين :

(١) في حالة وجود كمية كبيرة من المواد العضوية الفقيرة في الأزوت ، لأن البكتريا تستعمل أملاح الأمونيوم والنترات الموجودة بالتربة لتحلل هذه المواد العضوية .

(ب) بعض الميكروبات بسيطة التغذية أي أنها تستطيع أن تكتفي بأملاح الأمونيوم كمصدر للنيتروجين ومنها :

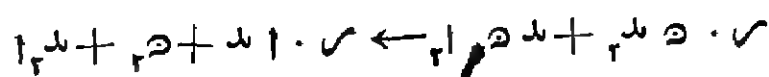
B. subtilis
B. megatherium

P. lichenformis
A. aerogenes

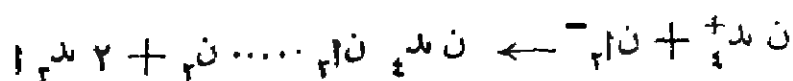
وعلى العموم فإن تثبيت النترات أو أملاح الأمونيوم في خلايا هذه الميكروبات مؤقت ، لأنه بعد موت هذه الميكروبات تتحلل الخلايا وتتحول إلى نترات وثاني أكسيد كربون وماء .

ثالثا - إطلاق الأزوت نتيجة لتفاعل كيمائى

قد يحدث أن ينطلق الأزوت في التربة الزراعية نتيجة لتفاعل كيمائى بحت ، وهذا يحدث مثلا ما بين الأمين أو الأمونيا وحامض النتريت كما يلي :



ويسمى هذا التفاعل فان سليك Van Slyke



ولقد أشار بعض الباحثين إلى أهمية التفاعل المذكور في التربة الزراعية ، والذي يتسبب عنه خسارة كبيرة في النترات ، بينما البعض الآخر لا يرى له أهميته في الأراضي العادية حيث أنه يحدث في الظروف الشديدة الحموضة التي لا تتوفر في التربة العادية .

تمثيل الميكروبات للدركبات النتروجينية في التربة

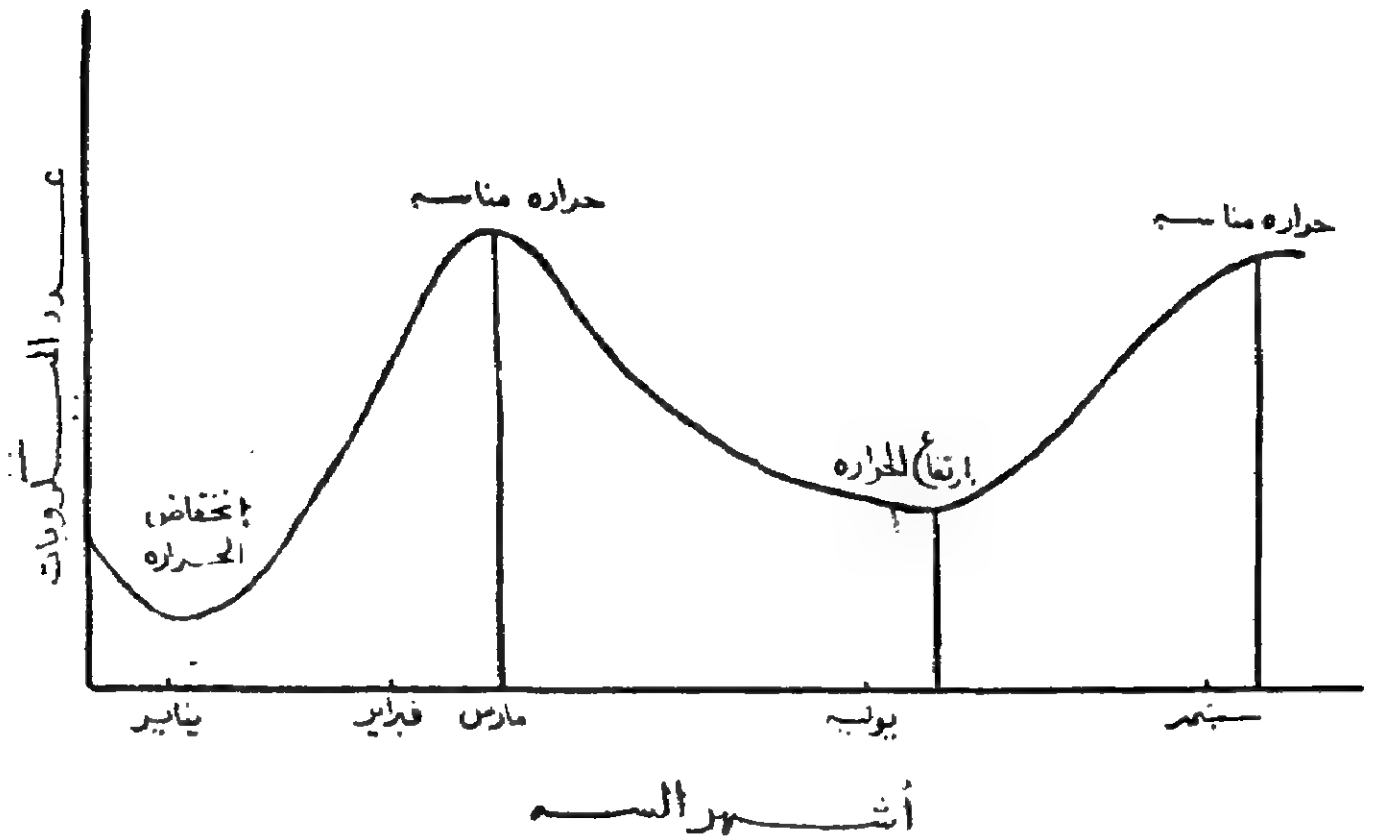
The assimilation of Nitrogen compounds by Microorganisms

تستطيع بعض الميكروبات كما سبق القول أن تمثل النترات وأملاح الأمونيوم باستعمالها كمصدر للنيتروجين لتكوين خلاياها ، والبعض الآخر يمثل المواد النتروجينية العضوية (البروتينات) ، وحيث أن عدد هذه الميكروبات في التربة كبير جدا ، فيمكن القول بأن هذه الكائنات تتنافس مع النباتات في تمثيل مركبات النتروجين ، الأمر الذي قد ينشأ عنه ظهور أعراض نقص في أملاح النتروجين على النباتات .

ففي هذه الحالة لابد من إعطاء النباتات أملاح النتروجين لتعويض هذا النقص ، وربما يظهر هذا في فصل الربيع والخريف (مارس وسبتمبر) حيث تكون درجة الحرارة ملائمة لنمو البكتريا ، ويكون في هذه الحالة تكاثرها سريع . ويجب أن يلاحظ أن هذا النقص في النتروجين ظاهري (مؤقت) ، إذ بعد موت الميكروبات تتحلل خلاياها وتتحول إلى أمونيا (نتيجة للفسفرة) ، وهذه تتحول إلى نترات ثم نترات يستفيد منها النبات .

والمعتقد أنه ربما كان لتأثير درجة الحرارة العالية في الصيف خصوصا في مصر والأقاليم تحت الإستوائية تأثير كبير في قتل كثير من الميكروبات ،

الامر الذى يسرع فى تحملها واستفادة النبات منها . وعلى العموم يجب أن
تجرى بعض الأبحاث لمعرفة الوقت المناسب للتسميد والوقت الذى يكون
فيه التسميد غير اقتصادى .



(شكل ٢٧)
معدل نمو البكتريا على مدار السنة

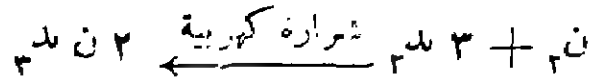
الباب الثامن

تثبيت نيتروجين الجو في التربة الزراعية

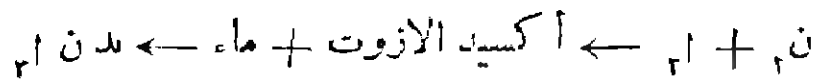
ودورة الأزوت

Nitrogen fixation in the soil & Nitrogen Cycle

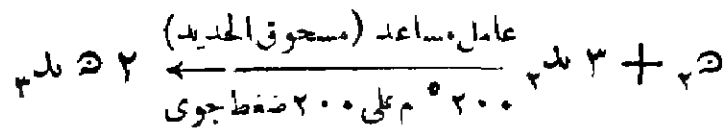
عملية تثبيت الأزوت الجوي كيمائياً عملية اقتصادية هامة يستفاد منها في الصناعة .



وهذا عادة يحدث في الهواء الجوي عند وجود البرق والرعد ، وقد يتكون أحيانا أكسيد الأزوت أيضاً، وهذا يتحد مع الماء مكوناً حامض نيتريك ، والذي يتحد بدوره بالأمونيا المتكونة معطياً (ن هـ₃) ن هـ₄ وهذه العملية التي تحدث في الطبيعة حورت بواسطة Birkeland & Eyde لتخدم الأغراض الصناعية .



أما طريقة Haber فتتمثل بتفاعل الآتي :



ويحضر سيانور الكالسيوم بتسخين النيتروجين مع كربيد الكالسيوم على درجة حرارة ١٢٠٠ م° .

مما تقدم يرى أننا استعملنا الطرق الصناعية في تثبيت نيتروجين الجو للحصول على مركبات النيتروجين والاستفادة منها في الأوجه المختلفة

ولا تستطيع الكائنات الحية الراقية تمثيل نتروجين الهواء الجوى ، ولكن هذه العملية مقصورة فقط على الأحياء الدنيئة. ولقد كان معتقداً في قديم الزمان أن بعض النباتات (العائلة البقولية) تستطيع أن تمثل نتروجين الهواء الجوى ، ولكن ثبت خطأ هذا الاعتقاد واتضح أن البكتيريا التي تعيش في جذور هذه النباتات (معيشة تعاونية) تستطيع فقط أن تمثل نتروجين الهواء الجوى .

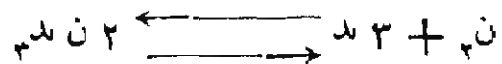
وأول من اكتشف أن الميكروبات يمكنها أن تثبت الأزوت الجوى، هو Jodin سنة ١٨٦٢ . فلتقد وجد أن البيئة المحتوية على فوسفات وسكر أو حامض الطرطريك أو الجيسرون وخالية تماماً من أملاح النتروجين يستطيع أن يعيش فيها ميكروب Mycoderma . ووجد أنه إذا أحكم قفل الزجاجية التي بها الميكروب فإن النتروجين والأكسجين اللذين يستعملهما الميكروب تقل نسبته ويضعف نمو الميكروب .

ثم وجد Berthelot سنة ١٨٨٥ أن نسبة البروتينات تزداد في التربة الزراعية المحفوظة في قصارى وترك بدون زراعة لعدة شهور ، ووجد أن التربة المعقمة والتربة التي تركت فترة الشتاء (برودة) لا يحدث بها مثل هذه الزيادة ، وهذا يرجع بطبيعة الحال إلى عمل الميكروبات التي تثبت الأزوت . ولقد وجد هذا العالم سنة ١٨٨٥ أخيراً أن بعض الميكروبات المعزولة من هذه التربة تستطيع أن تنمو ممثلة لنتروجين الهواء الجوى . ثم أعقبه العالم Winogradsky الذي طرق نفس الموضوع سنة ١٨٩٣ ، ووجد أنه إذا لقيح بيئة خالية من أملاح النتروجين ومحتوية على جلوكوز بواسطة قليل من التربة الزراعية فإن نتروجين الهواء يثبت في هذه البيئة، ووجد أن نسبة الأزوت المثبتة تتناسب طردياً مع مقدار تخمر السكر . وقد تمكن بعد ذلك من عزل الميكروب المسبب . كما وجد أن C. Pastorianum وهو ميكروب لا هوائى حتى ونموه يحدث نتيجة لوجود كثير من الميكروبات الهوائية في البيئة والتي تستنفذ الأكسجين وبذلك يستطيع هذا

الميكروب أن ينمو ويثبت النتروجين (تحت الشروط اللاهوائية) في بيئة خالية تماما من أملاح النتروجين. ولقد وجد أيضاً أنه يمكن لهذا الميكروب أن يثبت ٢ - ٤ ميلجرام نتروجين لكل جرام من الجلوكوز ، ونتيجة لتخمير الجلوكوز يتكون حامض خليك وبيوتريك ، ك_١ ، م_٢ ، د_٣ . ولقد وجد Winogradsky الآتي :

- ١ - كمية النتروجين المثبتة تتناسب طردياً مع نسبة الجلوكوز المتخمرة .
- ٢ - تثبيت النتروجين يقل أو ينعدم بوجود أملاح الأمونيوم ، ولكن بزيادة نسبة الجلوكوز توقف فعل أملاح الأمونيوم المضاد ، وإذا زيدت أملاح الأمونيوم مرة ثانية فإن عملية تثبيت النتروجين تنعدم ثانية ، ولقد علل فينوجرادسكى بالآتي :

عملية تثبيت الأزوت ربما تنتج من اتحاد الهيدروجين النشط (المتولد) Nacent (نتيجة للتخمير) مع نتروجين الجو ، وينتج عن ذلك أمونيا ، لذلك فإن زيادة أملاح الأمونيوم في البيئة ربما ينتج عنه إحباط هذه العملية نتيجة لقانون «فعل الكتلة» Law of mass action ، وبزيادة الجلوكوز فإن هذا التأثير يزول حيث أنه في هذه الحالة تنخفض نسبة الأمونيا نظراً لتثبيتها في أجسام الميكروبات ، وفي هذه الحالة فإن التفاعل يكرن في هذا الإتجاه ←



كما درس بردمان Bredemann سنة ١٩٠٩ تأثير النترات على ميكروب Clostridium sp. التي تثبت أزوت الهراء الجوى تحت الظروف اللاهوائية ، ووجد أن أملاح الأمونيوم والنترات تقلل من كمية النتروجين المثبتة .

ولقد علل واكسمان سنة ١٩٣١ التأثير الضار لأملاح النتروجين على عملية تثبيت الأزوت عموماً إلى الآتي :

- ١ - التأثير السام المباشر لهذه الأملاح على نمو الميكروبات التي تثبت الأزوت .

٢ - تشجيع هذه الاملاح لميكروبات لها تأثير مضاد لميكروب الازوتوبيا كثر في المزرعة المختلطة .

٣ - تنافس الميكروبات المختلفة مع الازوتوبيا كثر للحصول على الطاقة ، - وميكروب *C. Pasteurianum* عصى موجب لصبغة جرام لاهوائى حتماً ، متجشّم بجرثومة طرفية . وفائدة هذا الميكروب عموماً للتربة الزراعية هو أنه يثبت نتروجين الهواء الجوى فى خلاياه ، كما يستطيع أن يفرز مواد عضوية بروتينية ، كذلك بعد موته يتحلل إلى أمونيا بواسطة عملية النشطرة ثم إلى NH_3 ثم H_2O التى تمثلها النباتات ،

وليس ميكروب *C. Pasteurianum* هو الوحيد فى التربة الذى يقوم بعملية تثبيت أزوت الجوبل هناك ميكروبات عديدة تقوم بهذه العملية وتنقسم هذه الميكروبات إلى الآتى :

I Free living organism in soil ميكروبات تعيش حرة فى التربة

A. Hetrotrophic Bacteria (١) بكتيريا هتروتروفية

- ١ - الازوتوبيا كثر
- ٢ - بيارنسكيا
- ٣ - دركسيا
- ٤ - كاستيريديا

B. Autorophic organisms (ب) ميكروبات أوتوتروفية

- ١ - بكتيريا ممثلة للضوء
- ٢ - طحالب خضراء مزرقّة
- 2) Certain Algae "Blue green types"

II Symbiotic organisms ميكروبات تعيش معيشة تبادل المنفعة مع غير

- ١ - البكتيريا العقدية

وغيرها من الميكروبات and other microorganisms

وسنتكلم عن هذه الأقسام .

الميكروبات المثبتة لآزوت الهواء الجوى

والعائشة منفردة فى التربة

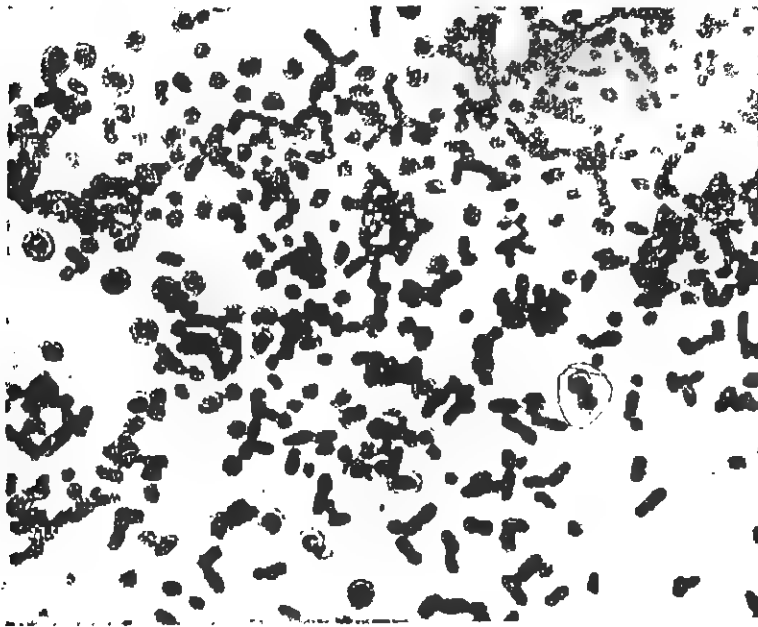
I — Free living ~~for~~ organisms in soil

(١) الميكروبات الهتروتروفية

الميكروبات الهتروتروفية المثبتة للآزوت الجوى ما يأتى :

١ — الازوتوباكتر *Azotobacter*

هذه البكتيريا تثبت نتروجين الهواء الجوى هوائيا ، أى يشترط وجود الأوكسجين لنموها . فى سنة ١٩٠١ تمكن العالم Beijerinck من عزل نوعين منها ، أحدهما من الأرض والمجارى المائية غير متحرك ، والآخر من المجارى المائية فقط ومتحرك . وجد أنه يمكن زراعتها فى بيئة لا تحتوى على عنصر النتروجين مع وجود مصدر للطاقة وأمكنهما أن يثبتا نتروجين الجو بكثرة .



(شكل ٢٨)
أزوتوبكتتر

وتوصف الأزوتوبا كنز بالآتي :

الميكروبات كبيرة الحجم بالنسبة لميكروبات التربة الأخرى، ويتراوح طولها من ٥ - ٧ ميكرون، وعرضها بين ٣ - ٤ ميكرون، وشكل الميكروب شبه كروي أو بيضى أو عصوى أحيانا، يوجد فردياً أو فى أزواج وتحتوى خلية فى بعض الأحيان على جسم يشبه الفجوة، ويكون جداراً مخاطياً وقد يرى الميكروب بأشكال غير منتظمة.

وفيما يلى التقسيم المقترح لأنواع الأزوتوبا كتر (Jensen, 1954)

(١) متحرك ببطء أو غير متحرك - يكون صبغات صفراء أو بنية غامقة غير قابلة للذوبان بالبيئة، يعيش أساساً بالتربة Typical soil inhabitants

١ - متحرك - الصبغة بنية فاتحة أو غامقة A. chroococcum

٢ - غير متحرك - الصبغة صفراء أو قد لا يكون صبغه A. beijerinckii

(ب) متحركة بسرعة - تكون أصباغ خضراء مصفرة إلى حمراء أرجوانية، قابلة للذوبان بالبيئة. وفى بعض الأحيان لا تكون أصباغ. تعيش أساساً بالمياه Typical water inhabitants. وتشمل:

١ - عصويات تكون حوصلات Cysts ومنها A. vinelandii

٢ - خلايا بيضية أو كروية كبيرة الحجم لا تكون حوصلات ومنها A. agile

ولعزل ميكروب الأزوتوبا كتر تستعمل البيئة التى ركبها العالم بيجرنك Beijerinck. وتحتوى على المانيتول أو البرويونات بدلاً من الجلوكوز، الذى يساعد على نمو الميكروب اللاهوائى C. pasteurianum، وتوضع البيئة فى طبقات غير عميقة فى أوعية واسعة، وذلك لى تعطى مساحة كبيرة تساعد على التهوية، ثم تعقم بالبخار وتلقح بحوالى ٠,١ - ٠,٢ جرام من التربة الخصبة، ثم تحفظ فى الحاضن على درجة ٢٠ - ٣٠ م° وبعد

حوالى ٢ أيام ، تستعمل هذه فى تلقيح مزارع اخرى جديدة ، فتلقح كل منها بواسطة مقدار إبرة التلقيح ذات العقدة (حيث أن المزرعة الأولى مختبرية عادة على ميكروبات أخرى كثيرة لأن الأزوتوبيا كثر بعد نموها تفرز إفرازات بروتينية تساعد على نمو بعض ميكروبات التربة الزراعية) . ثم يكرر هذا حوالى ٣ مرات إلى أن نحصل على مزرعة تكاد تكون نقية من الأزوتوبيا كثر . وفى هذه الحالة غالبا نحصل على الميكروب *Azotobacter chroococcum* ، وهو النوع الذى يغلب وجوده فى معظم الأراضي . كما يمكن عزل الأزوتوبيا كثر أيضا باستعمال نفس البيئة بإضافة ٢٪ أجار (بيئة صلبة) بطريقة التخطيط .

والأزوتوبيا كثر لا يستطيع أن يحلل السليولوز أو المواد العضوية المعقدة بالتربة الزراعية ، لذلك فإنها تحصل على الطاقة اللازمة لها بالمعيشة المشتركة مع ميكروبات التربة الأخرى التى تحلل هذه المواد وتنتج السكريات والأحماض العضوية وغيرها ، واتى تستعمل كمصدر للطاقة وتستطيع بذلك أن تثبت الأزوت الجوى بالتربة .

وجد أن الأزوتوبيا كثر يمكنها أن تثبت ١٨ مليجرام أزوت لكل واحد جرام سكر . والنيتروجين يثبت فى أجسام الخلايا على هيئة بروتينات . وكلما كان الوسط خاليا من أملاح النيتروجين (مثل أملاح الأمونيا والنترات) فإن التثبيت يكون أكثر والعكس صحيح ، ولكن لابد من توافر مصادر الطاقة اللازمة لها .

وعنصر الفسفور مهم جداً للأزوتوبيا كثر . كذلك درجة الحموضة لها تأثير كبير على نموها ، كذلك على الكلوستريديا . فهذين الميكروبين ينموان على درجة pH بين ٦ - ٨,٥ تقريبا والوسط الملائم للأزوتوبيا كثر يقرب من التعادل كما يرى من النتائج الآتية :

تأثير الرقم الأيدروجيني على انتشار الازوتوبيا كتر

الرقم الأيدروجيني	أقل من ٥	من ٥,٥ - ٥,٩	من ٦ - ٦,٩	من ٧ - ٧,٩	من ٨ - ٨,٥
عدد العينات المحللة	١٦	٢٦	١١٩	٨٥	١٨
النسبة المئوية لوجود الازوتوبيا كتر في العينات	صفر	١٥	٤٠	٨٥	١٠٠

يلاحظ مما سبق أن الأراضي المتعادلة أو التي تميل قليلاً إلى القلوية ينتشر بها الازوتوبيا كتر على نطاق واسع، وذلك بعكس الأراضي الحامضية، حيث يكون انتشارها بها ضعيف أو معدوم. معظم أنواع الازوتوبيا كتر تنمو بسرعة في الأراضي الحامضية نظراً لحساسيتها الشديدة للتأثير الحامضي، ودرجة الحموضة المثلى لها بين ٧ - ٨، أما ميكروب الكلوستريديا فإنه أقل حساسية من الازوتوبيا كتر ويستطيع أن تتحمل نطاق pH من ٥ - ٨,٥.

أما درجات الحرارة المناسبة لنمو ميكروب الازوتوبيا كتر وكذا الكلوستريديا فهي نفس درجات الحرارة التي تساعد على نمو المحاصيل، وهذه الميكروبات ميزوفيلية أي أن درجة الحرارة المثلى بين ٣٠ - ٣٥°م.

ومقدار ما تثبته الازوتوبيا كتر في التربة الزراعية من أزوت من ٥ - ١٠ رطل في الفدان في العام، ولا يخفى ما لهذا من أهمية كبيرة لخصوبة التربة. ويقوم الازوتوبيا كتر بتثبيت نيتروجين الهواء الجوي بواسطة مجموعة من الأنزيمات تسمى Azotase ويعتبر الـ Nitrogenase أحد هذه الأنزيمات، وبواسطة هذه يمكن لنيتروجين الهواء الجوي الاتحاد به مباشرة، وهذا الأنزيم يحتاج إلى كالسيوم أو استرانسيوم لكي يعمل، ولا يستطيع العمل في رقم إيدروجيني تحت درجة ٦، ويعمل بشدة في وجود كميات قليلة جداً من عنصر المولبدنوم Molybdenum. ولا بد من وجود السكر (مواد كربوهيدراتية) للحصول على الطاقة اللازمة لحياة الميكروب.

تستطيع الازوتوباكتريا أن تعيش معيشة تعاونية مع الطحالب وخاصة طحلي *Nostoc, Anabaena* ، وكذلك مع بعض الميكروبات الأخرى . وذلك بأن تمدّها الطحالب أو الميكروبات الأخرى بما تحتاجه من كربوايدرات للحصول على الطاقة، أما الازوتوباكتريا فتمد هذه الطحالب وكذا الميكروبات بما تحتاجه من مواد بروتينية ، ونتيجة لذلك فإن كمية النتروجين المثبتة تكون كبيرة، كذلك تستطيع الازوتوباكتريا أن تعيش معيشة تعاونية مع *C. pasteurianum* وذلك بأن تقوم الازوتوباكتريا بسحب الأكسجين من الوسط المحيط ، ونتيجة لذلك تستطيع الكلورستريديا أن تنمو ، هذا وتستعمل الازوتوباكتريا أكثر الأحماض العضوية التي تنتج عن الكلورستريديا بعد أن تعادّلها قواعد التربة كمصدر للطاقة اللازمة لحياتها .

إنتشارها بالأراضي :

إن إنتشار الازوتوباكتريا بالأراضي يتوقف على عدة عوامل أهمها :

- ١ — حموضة التربة .
- ٢ — توافر المواد العضوية التي تعتبر مصدر الطاقة لها .
- ٣ — تركيز بعض المعادن الهامة بها مثل الفوسفات
- ٤ — عدم وجود عوامل التضاد والتنافس التي تحد من انتشارها .

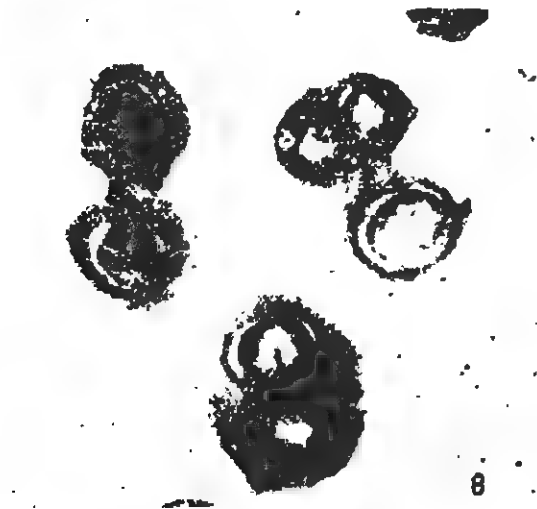
فمنّاك آراء متعارضة عن مدى انتشار هذا الميكروب بالأراضي ، فالبعض يعتقد أنها تنتشر على مدى واسع بالتربة ولو أنها تظهر بأعداد ضئيلة بها ، فلقد وجد أحد الباحثين أن عددها في الجرام الواحد من التربة تبلغ ١٨ ميكروب ، كما وجد Swaby أن عددها في الجرام الواحد يبلغ حوالي ٣٠ خلية ، أما Rossi في إيطاليا فقد وجد أن متوسط عددها بالأراضي حوالي ١٨١٥ ميكروب بالجرام الواحد ، وذكر أن عددها يتراوح من صفر - ٢١٥٠٠ ميكروب

بالجرام . ولقد ذكر جبسون (١٩٥١) أن عددها بالأراضي مقدراً على أساس الجرام الواحد يقل عن عشرة ولا يزيد عن ١٠٠٠ ميكروب ، ولذا يعتقد الكثير من الباحثين في عدم أهميتها بالأراضي ، ويعتقد الكاتبان أن أهمية الأزوتوبيا كثر في أراضي المناطق الباردة قد تكون ضئيلة ، ولكن نشيد بأهميتها في المناطق الإستوائية وتحت الإستوائية ، فالأبحاث تدل على وجودها بكميات كبيرة في الأراضي المصرية قد تتجاوز المليون في الجرام الواحد .

وتجدر الإشارة إلى أن وجودها بالتربة بأعداد كبيرة من الأهمية بمكان ، إذ أن تثبيت الأزوت يحدث في أثناء تكاثرها ، لذلك يقترح بعض الباحثين أن عددها بالأراضي يعتبر مقياساً لكمية الأزوت التي تستطيع أن تثبتها .

والأزوتوبيا كثر هوائية حتماً . يقف تنفسها إذا أضيف السيانور إلى المزرعة ويقال أن هذا التنفس الهوائى يسير عن طريق السيتوكروم والسيتوكروم اكسيديز . Cytochrome and Cytochrome oxidase .

ويحدث تثبيت الأزوت في وجود المادة العضوية وخاصة الكربوايدرات



(شكل ٢٩)
خلايا الأزوتوبيا كثر - لاحظ البكسولة
حول الخلايا .

مثل السكريات ، والمانيتول أحب المواد الكربوايدراتية للميكروب (الكلوستيديا لانتحله) . يمكن إستعمال اللكتات والبنزوات أيضاً، ويحتاج تثبيت الأزوت إلى المولبدنوم ، وبدرجة تركيز قليلة بنسبة ١ : ١٠٠ يحدث نشاط كبير، ويمكن أن يحل الفانديوم Vanadium محل المولبدنوم .

والواقع أن المولبدنوم لا تعرف فائدته بالضبط هل لتثبيت الأزوت فقط أو لنمو الميكروب، وتحتاج الأزوتوبيا كثر في نموها إلى فيتامين (مادة منشطة) البيوتين كما هو الحال في البكتريا العقدية. إذا نمت الأزوتوبيا كثر في بيئة تحتوي على السكر فإنها تنتج مادة لزجة صمغية (مادة A. agile) ، وهذه المادة كربوايدراتية غير مختزلة ، عند تحللها تعطي ٣٣٪ سكر مختزل .

ووجود هذه المادة يجعل عزل الميكروب في مزرعة نقية أمراً صعباً ، نظراً لوجود بعض ميكروبات التربة بهذه المادة الصمغية، والظاهر أن عدم احتواء البيئة على مادة عضوية آزوتية يشجع تكاثر هذه المادة الصمغية .

٢ - بيارنكيا Beijerinckia :



بيارنكيا
Beijerinckia

(شكل ٣٠)

يرتبط جنس البيارنكيا إرتباطاً وثيقاً بجنس الأزوتوبيا كثر، حيث لا يختلف عنه إلا في بعض الصفات المورفولوجية فالأولى أصغر من الأزوتوبيا كثر. عصوية، تحتوي على أجسام دهنية في طرفي الخلية . كما يمكن تمييزها عن الأزوتوبيا كثر بكثرة إفرازها المواد السكرية

المعقدة التركيب على البيئات الصناعية، وهذه تعطي المجاميع قوام هلامي لزج ، كما يمكن تمييزها أيضاً بعدم احتياجها للكالسيوم الذي قد يحبط نموها . وتحمل نطاقاً واسعاً من الحموضة (الرقم الهيدروجيني ٢.٥ - ٩) ، تتميز أيضاً بأن مصادر الطاقة اللازمة لنموها محدودة، تنحصر في السكريات الاحادية

والثنائية ، وعديدة السكريات والجلسرين والمانيتول ، ولكن الكحوليات ،
الهيمنة والأحماض العضوية من الصعب تمثيلها . ولو أن معدل نموها أقل
من الأزوتوباكتريا إلا أن قدرتها على تثبيت النتروجين كبيرة فقد تصل إلى
حوالى ٢٠ مليجرام نتروجين لكل جرام سكر مثل .

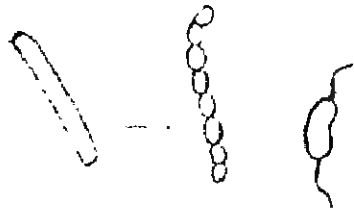
والفرق الواضح بينها وبين الأزوتوباكتريا فى انتشارها الجغرافى ،
فالأزوتوباكتريا ينتشر فى جميع بقاع العالم بالأراضى ذات الحموضة القوية من
التعادل والمحتوية على مصادر الطاقة بكمية وفيرة . كما توجد فى مياه البحيرات
والأنهار والمياه المالحة المحتوية على الطحالب والأعشاب البحرية . أما البيارنكيا
فتنتشر على نطاق واسع فى أراضى المناطق الاستوائية ، ونادرا ما يلاحظ
وجودها بأراضى المناطق تحت الاستوائية . ولا يعرف على وجه التحديد
السبب فى هذا ، إذ أن درجة الحرارة المثلى للجنسين تكاد تكون متساوية ،
علاوة على أن البيارنكيا تستطيع أن تتحمل نطاق أوسع من الحموضة ، فيمكن
أن تعيش فى الأراضى ذات الحموضة العالية .

وأول من فصل البيارنكيا هو العالم دركس Derx الأندونيسى ، ووضعها
فى جنس خاص مستقل بها . ولقد اقترح أن السبب فى إنتشارها فى المناطق
الاستوائية يرجع إلى وجود نباتات عديدة من عائلة Caesalpinioideae
هذه المناطق ، والتي يحتمل أن يسكن على جذورها هذا الميكروب . كما ذكر
أيضا أنه هو الأصل الذى منه تطور ميكروب الريزوبيا (الذى يسبب العقد
البكتيرية على جذور البقوليات) بعد أن فقد قدرته على تثبيت الأزوت
الجوى منفردا فى التربة .

ذكر بعض الباحثين أن البيارنكيا توجد بكثرة على أوراق كثير من
أشجار المناطق الاستوائية مكونة ما يعرف باسم Phyllosphere ، كما وجد
البعض الآخر أنها توجد بكثرة فى الأراضى الفقيرة فى الكالسيوم .

٣ — الدر كسيا (*Derxia gumosa*) :

عزل بعض العلماء الهنود *Azotobacter indicum* من أراضي البنغال الغربية ، ويختلف مورفولوجيا عن كل من الأزوتوبا كتر والبيارنكيا ، فالخلايا الحديثة تشبه إلى حد كبير الميكروب العصوي المتجرثم ، ولكنها غير متجرثمة وسالبة لصبغة جرام . وعندما تكبر الخلية في العمر تظهر بها فجوات عديدة ، وهي هوائية حتما . وتعيش في رقم أيروجيني ٥ — ٩ . ولكن نموها يكون مثالي في حالة التعادل . ولقد اقترح بعض العلماء أن توضع في جنس ونوع مستقل ، وسموه



در كسيا

Derxia

(شكل ٣١)

Derxia gumosa نسبة إلى العالم دركس *Derx* . والميكروب يشبه البيارنكيا في أنه يعطي نموا هلاميا على البيئات الصناعية ولكن يبطئ . ولقد وجد أن هذا الميكروب قد يتساوى أن لم يفوق كل من الأزوتوبا كتر والبيارنكيا في قدرته على تثبيت أزوت الهواء الجوي ، فقد

تصل كمية ما يثبته من نتروجين إلى ٢٥ مللجرام لكل جرام سكر مثل . ونظراً لأن هذا الميكروب قد اكتشف حديثاً في الهند فلا يعرف إلى الآن مدى إنتشاره ، لذلك لا يمكن التكهن بمدى أهميته من حيث تثبيته لنتروجين الهواء الجوي في الطبيعة .

ولقد ذكر بعض العلماء أن بعض الميكروبات الهتروتروفية تستطيع أن تثبت أيضاً أزوت الهواء الجوي ومثال ذلك *Bacillus polymyxa* ، وحديثاً وجد العالم Stapp أن ميكروب *Azotomonas insolita* يثبت أزوت الهواء الجوي ، كما وجد بعض الباحثين أن بعض سلالات *Aerobacter* ، و *Achromobacter* و *Desulfococcus desulphuricans* ، وبعض الخمائر *Yeasts* المعزولة من التربة تثبت الأزوت الجوي . كما وجد أن *Nocardia* تستطيع أن تحلل السيلولوز

وجد أن دم ، كما تحيط عملية تثبيت الأزوت الجوى كما أن التثبيت يحدث أثناء تكاثر الميكروبات .

وقد أوضح ولسون وغيره من الباحثين أن تثبيت الأزوت الجوى بواسطة الميكروبات غير العائشة بالاشتراك (الأزوتوباكتريا) تشبه إلى حد كبير الميكروبات العائشة بالاشتراك .

٤ - الميكروبات غير الهوائية المثبتة للأزوت الجوى

اسم الميكروب *Clostridium pasteurianum* وهو من الميكروبات غير الهوائية حتما ، مرجبة لصبغة جرام متجربة بجرثومة طرفية مع حدوث انبعاث - ولقد وجد أن العدد بالتربة الزراعية قد يزيد على ١٠٠٠٠٠٠ ميكروب/ جم . وهذا يزيد عن الأزوتوباكتريا ، مما دعى كثير من الباحثين أن يشيدوا بأهمية هذا الميكروب عن الأزوتوباكتريا من حيث التثبيت للأزوت الجوى . ونستطيع الكلوسترديا أن تعيش فى الأراضى الحامضية التأثير بعكس الأزوتوباكتريا ، مما يعطى أيضا أهمية لهذا النوع فى التربة الزراعية - ولقد أوضح Bredemann أن تثبيت الأزوت الجوى يحدث من الميكروبات السابقة المنتجة لحمض البيوتريك . وهذه الميكروبات تستطيع أن تتحمل الحموضة عن الأزوتوباكتريا ، ولو أن درجة pH المثل لهذه الميكروبات تقرب من التعادل (٧) . وكمية الأزوت التى تستطيع أن تثبتها فى المزرعة النامية حوالى ٢ - ٦ مليجرام أزوت لكل جرام من السكر وهذا القدر أقل من الأزوتوباكتريا .

ويجب أن نشير إلى أنه من مئات الخلايا الحية من هذا الجنس التى تعيش فى مزرعة ، القليل منها فقط هو الذى يستطيع أن يظهر على هيئة مجاميع واضحة على البيئات الصناعية ، وعلى هذا يمكن القول بأن هذا الميكروب ينتشر فى الأراضى بأعداد وفيرة جداً ، رغم أنه عند تقدير العدد فى عينات من الأراضى لا يظهر إلا جزء من العدد فقط .

ولقد علل تثبيت هذه الميكروبات للأزوت الجوى كنتيجة للاختزال المباشر للنروجين إلى أمونيا بواسطة الايدروجين الذرى . والظاهر أن الانزيمات الخاصة بالتثبيت في الكارستريديا تخالف الانزيمات الخاصة بالعملية المذكورة في الميكروبات الهوائية ، فيبينما نجد أن عمالية التثبيت تقف في وجود الأخيرة في الأمونيا أو الايدروجين أو كما نرى أنه في حالة الكلوستريديا لا تتأثر العملية بالمواد المذكورة.



(شكل ٢٢)

Clostridium pasteurianum

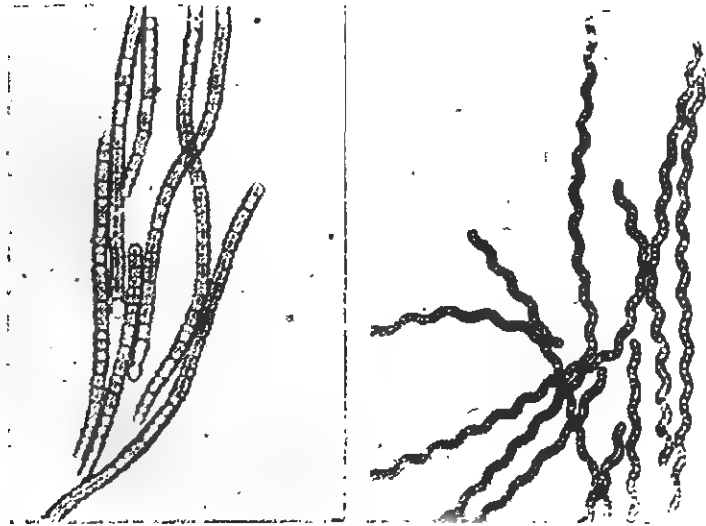
بكتريا مثبتة لازوت الجوى لاهوائيا

(ب) الميكروبات الأوتوتروفية Autotrophic organisms

١ — البكتريا الممثلة للضوء Photosynthetic bacteria

وهذه الميكروبات تتبع تحت فصيلة Rhodobacteriaceae ، وتستطيع أن تمثل نروجين الهواء الجوى تحت الظروف اللاهوائية (عدم وجود الاوكسجين) . وهي تحتوى على مراد ملونة ، وبذا تستطيع أن تحصل على الطاقة المستمدة من ضوء الشمس ومن أمثلتها Rhodospirillum rubrum الذى يتبع الجنس Rhodospirillum وكذلك جنس Rhodopseudomonas

الذى وجد أن ١٩ سلالة منه قادرة على تثبيت الأزوت . وهذه الميكروبات قادرة على تثبيت الأزوت ، في وجود الضوء فقط وفي عدم وجود الهواء ، ولكن أهمية هذه الميكروبات في التربة الزراعية لم تقدر بعد .



(شكل ٣٣)

Cylindrospermum
licheniforme

Arthrospira jenneri

طحالب خضراء مزرقّة

٢ - الطحالب

تقوم الطحالب الخضراء المزرقّة blue green algae التي أهمها *Nostoc* & *Anabaena* - وهي هوائية، بتثبيت النتروجين بدرجة عالية ، وتحتاج إلى إضاءة قوية وثنائي أكسيد الكربون لكي تثبت النتروجين في البيئة الصناعية - وهذه الميكروبات يمكن إعتبارها عائشة على الهواء الجوى فقط من حيث تغذيتها (living on air) ، فهي تستعمل كإلحاق الجوى كمصدر للكربون، والأزوت الجوى لتكوين البروتين. ويستطيع الطحالب *Nostoc* أن يثبت ١٠ ملليجرام نتروجين في ٤٥ يوم و ١٨ ملليجرام في ٨٥ يوما لكل ١٠٠ سم^٢ من البيئة . ويمكن القول أنها تستطيع أن تثبت من ١٠ - ١٢ ملليجرام أزوت لكل ١ جم من الجلوكوز . وكالأزوتوباكتر تفقد

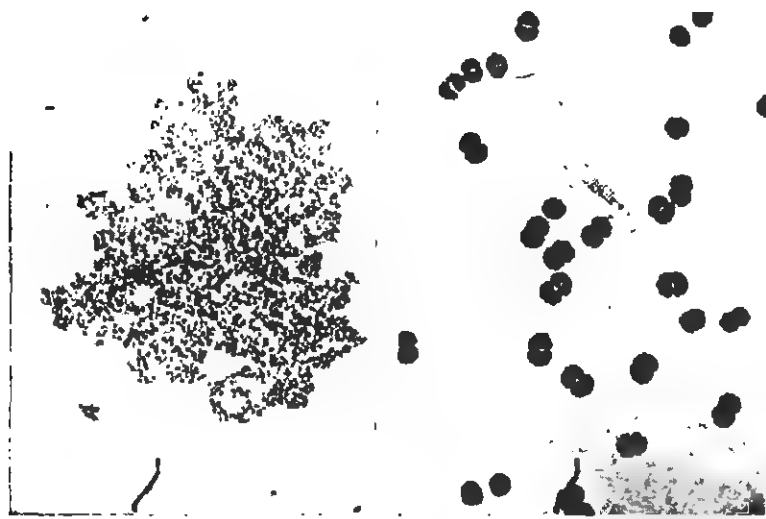
عملية تثبيت الأزوت في وجود الإيدروجين أو كما أن أملاح الأمونيوم
تحد من عملية تثبيت الأزوت .

ويمكن تحضير الطحالب الخضراء المزرققة على هيئة مزارع نقية بإستعمال
السليكا الغروية مع مقاومة البكتريا التي قد تلوث المزارع بالأشعة
فوق البنفسجية .

وتعرف حالياً الأجناس الآتية من الطحالب الخضراء المزرققة والتي
تثبت الأزوت الجوى :

Nostoc, *Anabaena*, *Autosira*, *Calothrix*, *Cylindrospermum* and
Tolypothrix.

والجنسان الأول والثاني ينتشران في الطبيعة على نطاق واسع ، وعموما
توجد هذه الطحالب في المياه العذبة والمالحة كما تسكن الأراضي ، والأشن
lichens بعضها يتكون من فطر وطحلب أخضر مزرق وتستطيع أن تمثل
الأزوت الجوى .



Microcystis aeruginosa, *Chroococcus turgidus*

(شكل ٣٤)
طحالب خضراء مزرققة

وأهمية الطحالب الخضراء المزرقة في الأراضي في تثبيت النتروجين مازالت موضع جدال ، إذ المعروف أنها تثبت أزوت الهواء الجوى عند تعرضها لأشعة الشمس ، وعليه فيتحتم أن توجد على سطح التربة ، ولكن العمليات الزراعية كالحرث والعرق تدفنها بالأرض ، وفي هذه الحالة تصبح الخلايا غير قادرة على تثبيت الأزوت . ولكن يجدر أن نغير أهمية كبيرة لهذه الطحالب في الأراضي المزروعة بالأرز والنباتات المائية حيث تغمر الأراضي بالمياه لمدد طويلة ، ولقد أشاد بعض علماء الهند واليابانيين بأهمية هذه الطحالب بتلك الأراضي .

الميكروبات المثبتة لأزوت الهواء الجوى والعائشة بالاشتراك

II — The Symbiotic nitrogen fixers (Rhizobium sp.)

عرف منذ زمن طويل ما للنباتات البقولية من أثر كبير في خصوبة التربة ووفرة المحاصيل الأخرى التي تأتي بعد البقوليات مثل الحبوب . هذا وقد جعل Baussingault سنة ١٨٣٨ يعتقد بأن البقوليات تستطيع تثبيت الأزوت الجوى . وقد تحقق إعتقاد هذا العالم فيما بعد ، وثبت ذلك علماً ، فلقد زرع هذا الباحث البرسيم والقمح معا في رمل نقي وأثبت أن النباتين اكتسبا كربون ، بدم ، أم ، ن . ولكن بزراعة هذين النباتين في رمل معقم تعقيا تاما بالحرارة الشديدة أثبت أن النباتين لا يستطيعان الحصول على النتروجين .

ثم أتى بعد ذلك كثير من الباحثين وإهتموا بوجود العقد الجذرية على جذور النباتات البقولية ، وأثبتوا أن هذه العقد لا تتكون على جذور النباتات التي تزرع في رمل أو تربة معقمة . ولقد أثبتوا بعد ذلك أن هذه العقد تحتوي على بكتريا وإعتقدوا أنها بكتريا مرضية .

وفي عام ١٨٨٨ تمكن العالمان Hellriegel & Wilfarth من إيجاد علاقة بين تكوين العقد الجذرية وتثبيت نتروجين الجو ، فلقد أثبتا أن نباتات

العائلة النجيلية تعتمد كلية على الأزونات بالتربة ، بينما نباتات العائلة البقولية Leguminacea تستطيع أن تعيش بدون وجود الأزونات . وفي التربة المعقمة والمرواة بماء معقم تسلك البقوليات مسلك النجيليات في إحتياجها إلى الأزونات ، ولكن إذا رويت التربة بمستخلص التربة الزراعية الغير معقم تستطيع أن تعيش البقوليات ولا تستطيع النجيليات وفيما يلي ملخصاً لما وجدته هذان الباحثان :

- ١ — لا تستطيع أن تعيش البقوليات في رمل معقم بدون أزونات .
- ٢ — تستطيع أن تعيش البقوليات في رمل معقم بإضافة أزونات والنمو طبيعي ، ولكن لا تتكون عقد بكتيرية .
- ٣ — تستطيع أن تعيش البقوليات في تربة غير معقمة بدون الإحتياج إلى أزونات .
- ٤ — تستطيع أن تتكون العقد البكتيرية في تربة غير معقمة أو في تربة معقمة مع إضافة مستخلص تربة غير معقم .

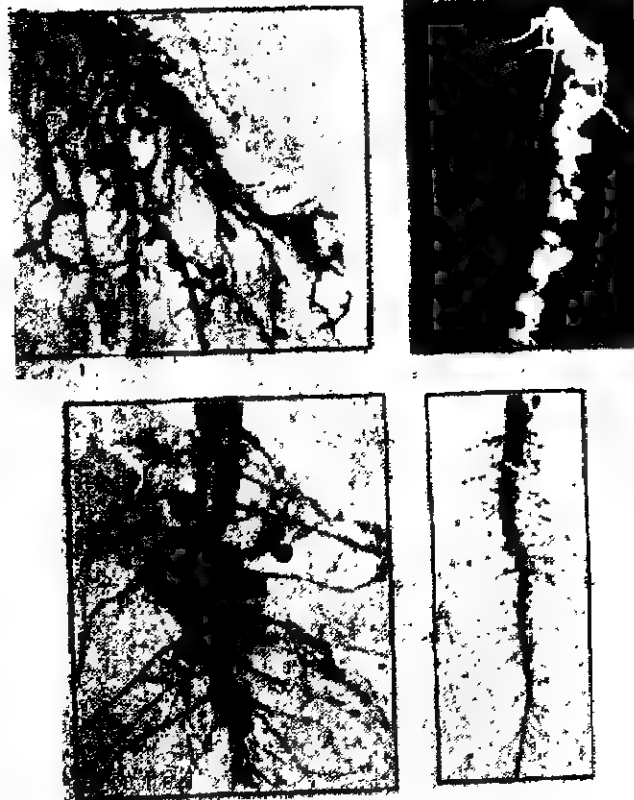
ثم تمكن العالمان Schlosing & Laurent سنة ١٨٩٠ من إثبات أن أزوت الهواء الجوي يمتص ويثبت بواسطة العقد البكتيرية .

تمكن أيضاً Beijerinck سنة ١٨٨٨ من عزل وتنمية بكتيريا العقد الجذرية بعيداً عن النباتات في بيئة صناعية - ووجد أن البيئة العادية غير مناسبة للفو هذه الميكروبات ، فاستعمل مستخلص أوراق النبات البقولي المعزول منه الميكروب ، وأضاف إلى البيئة ٠,٢٥٪ اسبرجين ٠,٢٥٪ سكر قصب (سكروز) ، وأثبت أيضاً أن الميكروب يوجد في التربة في حالة حرة .

تعيش هذه الميكروبات مع النباتات البقولية معيشة تعاونية (تبادل المنفعة) فالنبات يمد الميكروب بما يحتاجه من المواد العضوية والغير عضوية

اللازمة له ، بينما تمد الميكروبات النباتات بالمواد الأزوتية ، وذلك بأن تثبت نيتروجين الهواء الجوى فى النباتات على هيئة بروتين. وهذه الميكروبات تعيش حرة فى التربة الزراعية ويمكن زراعتها كما سبق القول على البيشات الصناعية ، ولكنها فى كلتا الحالتين المذكورتين لا تستطيع أن تثبت الأزوت الجوى ، إذ أن تثبيت الأزوت مرتبط بالمعيشة المشتركة للنباتات والميكروبات معا Symbiotic life

والعقد الجذرية مملوءة بعصير مغذى للنباتات Nutrient plant juices ، ويمكن إنزاع العقدة من الجذر بسهولة جداً ، وفرائدها عظيمة للنباتات والتربة ، إذ أنها مصدر كبير للأزوت. ويعتبر بعض علماء أمراض النباتات أنها مسببة من مرض يسبب الانتفاخات Galls على الجذور ، إذ أن أى ميكروب يغزو نسيج سليم ويسبب تغيراً فى شكله عن الشكل المألوف يعتبر مرضاً ، وهذا طبعاً فى عرف علماء أمراض النبات .



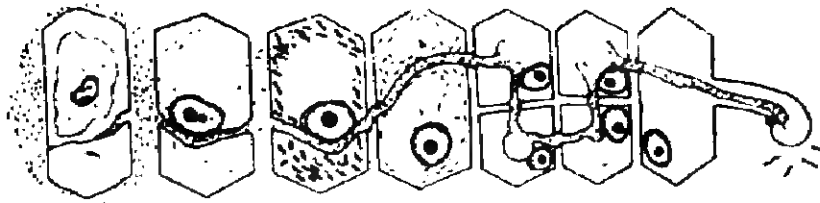
١ شكل ٣٥)
العقد البكتيرية على جذور
نباتات بقولية مختلفة

وقد تمكن بعض العلماء من تقسيم الأضرار التي يوجدها هذا الميكروب في النبات إلى ثلاثة كالاتي:

١ - الطور الأول

غزو الميكروب للجذور Controlled parasite

تظهر العقد الجذرية عادة عند تكثر الأوراق الأولى للنبات ، وقد دلت الأبحاث على أنه في هذا الوقت تفرز جذور النبات مواد تعمل على تكاثر البكتيريا المحيطة بها ، وبذلك يتكون بالقرب من الشعيرة الجذرية مجموعة من البكتيريا ، تفرز البكتيريا بدورها مادة تسبب نمو الشعيرة الجذرية والتواءها ، فتغزو هذه الميكروبات طرف الشعيرات الجذرية من منطقة الانحناء لأنها أضعف نقطة في الشعيرة . وقد وجد أنه إذا كان الميكروب هو من نفس النوع Species الذي يصيب النبات فإنه يعمل هذا الانحناء ويكون العقدة ، أما إذا كان من نوع آخر فإنه يحدث الانحناء فقط

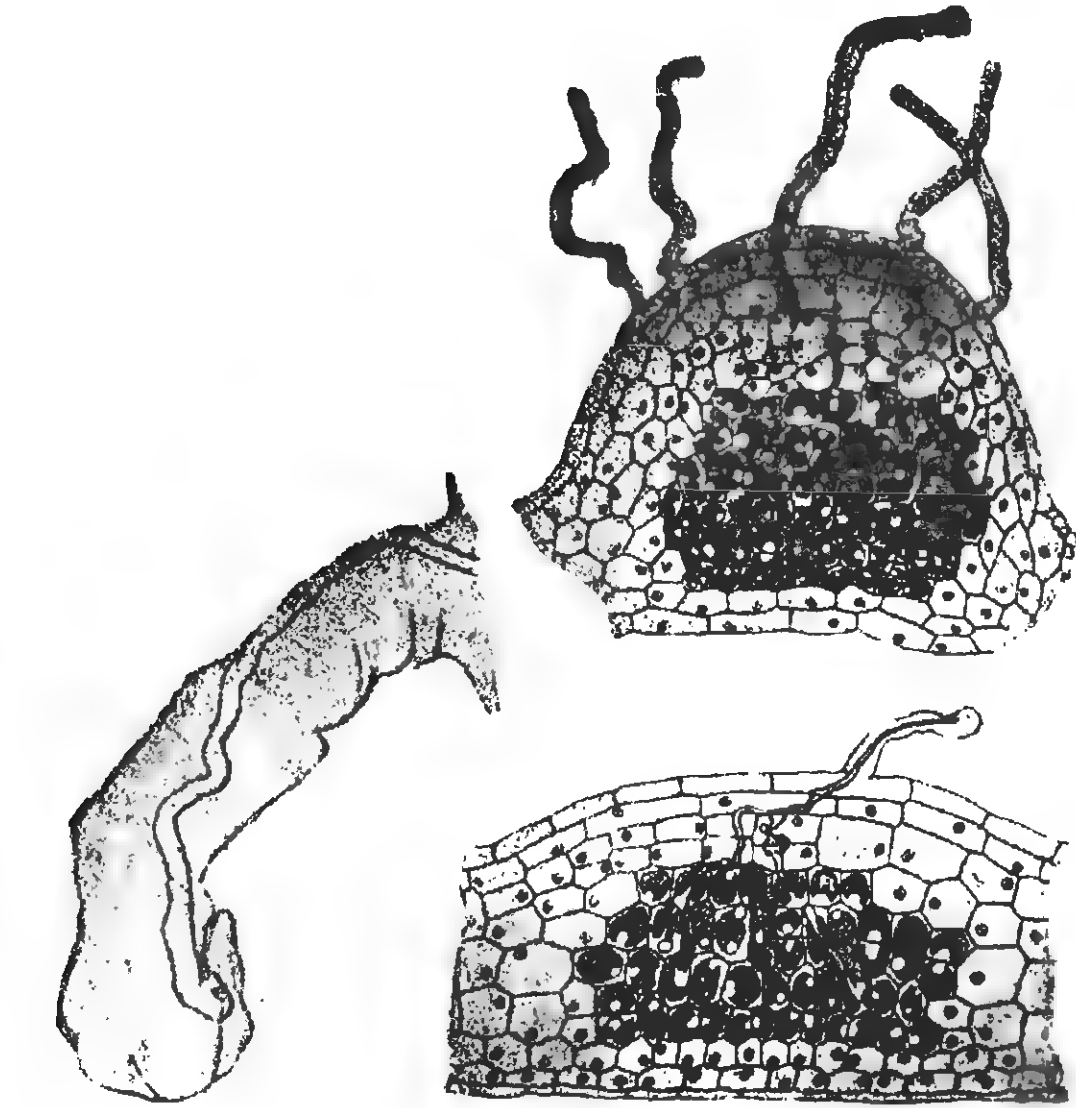


شكل ٣٦

انتشار خيط العدوى في خلايا الجذر

ولا يكون العقدة ، بمعنى أن الميكروب المختص بإصابة جذور الفول مثلا يحدث الانحناء والعقدة في نبات الفول فقط ، ولكنه يحدث الانحناء فقط في نبات البرسيم . ثم يبدأ في تكوين «خيط العدوى» Infection thread بعد الإصابة ، وهو مكون من البكتيريا محاطة بأنبوبة مكونة من السليولوز وهيميسليولوز وبكتين ، وهذه الأنبوبة يكونها النبات المصاب . يستمر خيط العدوى في مسيره في الشعيرة الجذرية . إلى أن يصل إلى خلايا القشرة في الجذر فيخترقها . يتفرع خيط العدوى ويغزو خلايا أخرى ، ينفجر الخيط في الخلايا

وتتجمع خلايا البكتيريا حول نواة خلية الجذر . تنشط الخلايا المصابة وتنقسم حاملة خلايا البكتيريا إلى الخلايا الجديدة .

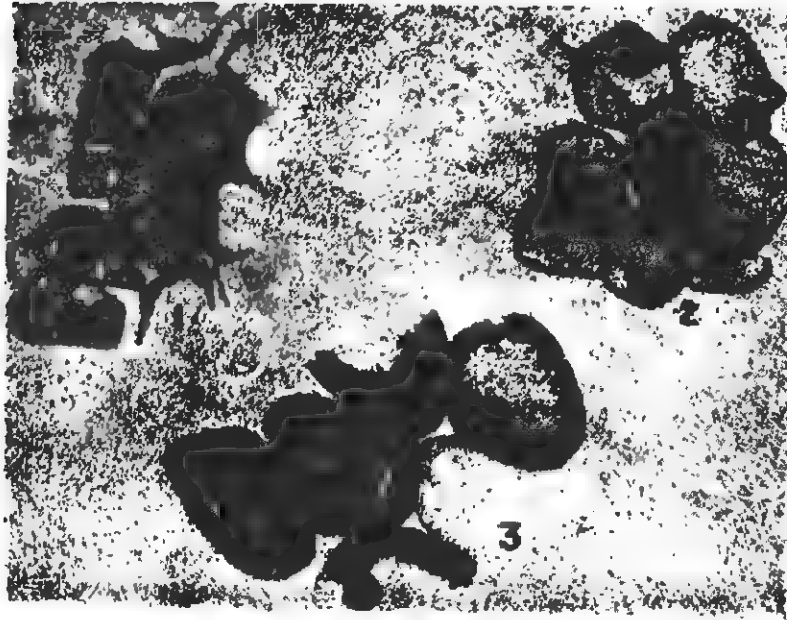


(شكل ٣٧)

المراحل التي يمر بها خيط العدوى في عقدة جذرية
الى اليسار : شعيرة جذرية لنبات البسلة ويشاهد بها خيط العدوى
لاحظ التواء طرف الشعيرة عند نقطة افزرو .
الى اليمين العلوى : قطاع عرضي في عقدة جذرية لنبات البسلة . لاحظ
امتداد خيط العدوى من الشعيرة الجذرية الى خلايا القشرة الخارجية حيث
تنتقل البكتيريا خلاله الى القشرة الداخلية وتتكاثر بها .
الى اليمين السفلى : قطاع طولى في عقدة مماثلة .

وتتكون العقدة من الانقسام الغزير لخلايا النبات ومن تضخم هذه الخلايا أيضا . كما أن خلايا النبات المجاورة للخلايا المصابة يذابها كبر في الحجم ونشاط في الانقسام أيضا . ويعمل إنقسام الخلايا المجاورة المذكورة إلى أن خلايا البكتيريا تفرز هرمون Hetero-auxin ينتشر إليها فيسبب هذا النشاط . ويؤيد ذلك أن العقدة وجدت غنية بهذا الهرمون .

وتتكون العقدة عادة من خلايا القشرة بالجذر، كما في معظم النباتات، مثل البسلة والبرسيم والبرسيم الحجازي والبقول . غير أنه في بعض النباتات الأخرى مثل الفول السوداني يصل خيط العدوى محترقا القشرة حتى البرسيمكل والذي تتكون العقدة من انقسام خلاياه .



(شكل ٣٨)
خيط العدوى في خلايا الجذر

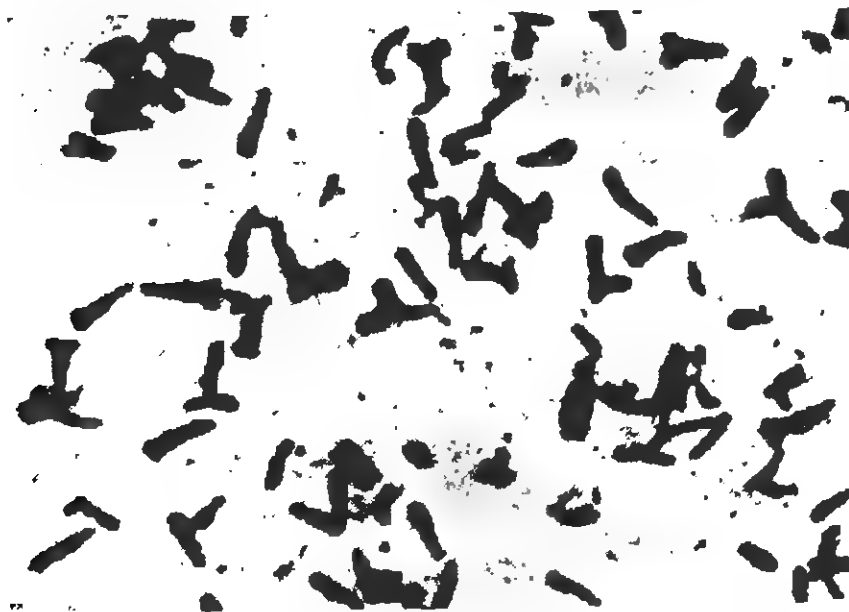
وعندما تتكون العقدة تظهر الحزم الوعائية في المحيط الخارجي للعقدة التي تتصل بالحزم الوعائية الأصلية للجذر ، وخلال هذه تنتقل المواد العضوية وغير العضوية إلى العقدة، كذا تنتقل، منها المواد التالفة الناتجة من تمثيل الميكروبات الأغذية .

هذا ويشاهد أن نصف العقدة يرجد به الميكروبات، أما النصف الآخر

نخالى منها . ويسمى النصف العقيم . وشكل الميكروبات في العقدة الحديثة السن تقريبا عصوي . ولكن في العقدة المسنة فإن البكتيريا توجد بأشكال مختلفة مثل F.Y.L.N وغيرها . ويسمى هذا الطور Bacteroids . وعند صبغها وخصها بميكروسكوبيا يشاهد أنها لا تصبغ بانتظام Banded إذ يلاحظ وجود مناطق بيضاء خالية من الصبغة وجد أنها مواد دهنية

٢ -- الطور الثاني : تبادل المنفعة

هنا تظهر المعيشة التعاوانية أو معيشة « تبادل المنفعة » Symbiosis ، حيث تمتد البكتيريا النبات بالمواد الأزوتية ويمد النباتات البكتيريا بالمواد الكربوايدراتية وتعيش البكتيريا داخل الخلايا في طور Bacteroid ، وتمكث في العقدة الجذرية مدة سبع أسابيع تقريبا ، وتحتوى العقد على هيموجلويين ، الذي يعتقد أنه يلعب دورا هاما في تثبيت النتروجين . أما إذا لم تكن الميكروبات متخصصة أى سلالة غير السلالة التى تصيب النبات ، فإن العقدة تمكث ٧ - ١٠ يوم تقريبا ولا يتكون في هذه الحالة هيموجلويين . وربما يشاهد نوعى العقد المذكورين على النبات الواحد . وتسمى العقدة



(شكل ٣٩)
بكتيريا العقد الجذرية فى العقدة

المتكونة عن سلالة متخصصة أو فعالة Effective strain بالعقدة الصادقة ،
أما الناتجة عن سلالة غير متخصصة أو غير فعالة Uneffective strain
بالعقدة الكاذبة — وقد تتكون أحيانا عقد ضعيفة هزيلة ولكنها صادقة
ويرجع ذلك إلى : —

- ١ — كثرة التترات في التربة ، فهذه تكون نموا خضرىا كبيرا ، وتتجه كل
الكربوايدرات الناتجة عن التمثيل الكربونى للنبات إلى تكوين هذا النمو
الخضرى بدلا من أن تصل للبكتيريا لإمدادها بالطاقة اللازمة .
- ٢ — عدم وجود إضاءة كافية ، الأمر الذى يسبب قلة ورود
الكربوهيدرات إلى العقد الجذرية نتيجة لضعف التمثيل الكربونى .
- ٣ — عدم وجود كمية كافية من المعادن النادرة مثل البورون ،
وفي هذه الحالات فإن الميكروب يكون متطفلا ،

٣ — الطور الثالث : Uncontrolled parasite : الطور غير المتحكم فيه

بعد حوالى سبعة أسابيع من تكوين العقدة البكتيرية يتحول الميكروب
من معيشة تبادل المنفعة إلى متطفل ، وذلك بعد أن تقل المواد الغذائية
الواصللة إلى العقدة ، فيفرز الميكروب انزيم البكتيناز Pectinase الذى
يذيب الصفيحة الوسطى للخلايا البرانشيمية التى يسكن فيها ، وتنفجر العقدة
بعد ذلك ، ويخرج الميكروب إلى التربة الزراعية . وفي رأى آخر أنه فى
وقت الإزهار أو بعده بقليل تصل درجة تركيز هرمون (الأوكسين Auxin)
إلى قمتها ، وعندئذ تتحلل العقدة ويصبح لونها أخضر أوبنى ، وتحتفى البكتيريا ويدات
Bacteroids ثم تفصل بقايا العقدة بطبقة من الفلين ، بعدها تتآكل وتتحلل .

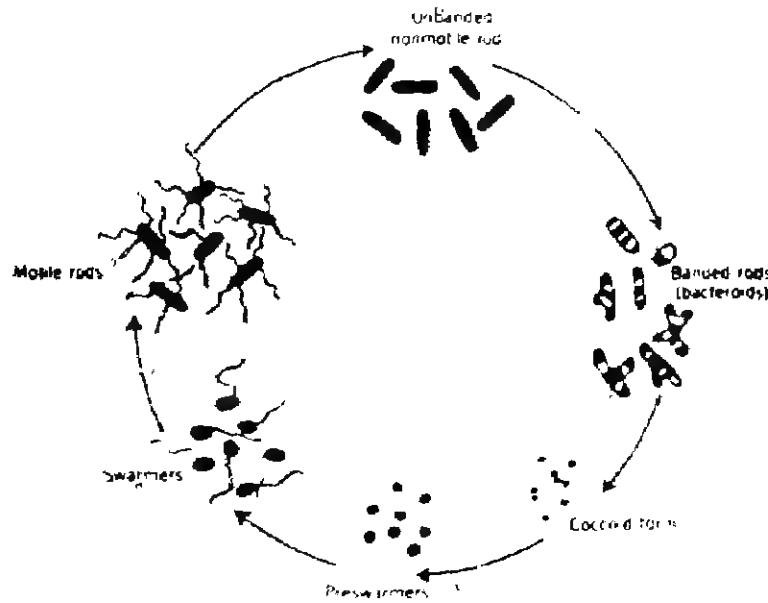
وصف الميكروب

فى التربة الزراعية أو البيئات الصناعية يكون الميكروب عصوى قصير
غير متجثر ثم — سالب لصبغة جرام — ميزوفيل — ينمو على بيئة المانيتول

ومستخلص الخيرة، أو المانيتول ومستخلص أوراق النبات البقولي المتخصص.
ومستخلص الخيرة أو أوراق النباتات تحوى على المواد المنشطة اللازمة
للبكتريا .

الخواص المرفولوجية وأطوار حياة الميكروب :

يظهر الميكروب فى المزارع الحديثة النشطة بشكل عصوى عادة مقاس
٤ x ١ ميكرون، وقد ترى بعض الخلايا فى شكل كروى، ولكن تظهر
فى العقد الجذرية بأشكال مختلفة متفرعة أو غير منتظمة و L.Y.L.X.، وهى
معروفة بالبكتيرويدات Bacteroids، والآخره نادرا ما ترى فى المزارع
النامية على البثاات الصناعية، ولكن يمكن القول أن وجود السكر أو
كميات قليلة من الأحماض العضوية أو الجلسرين فى البيئة الصناعية يشجع
ظهور البكتيرويدات، فى حين أن إضافة الفوسفات أو اللبن يشجع الأنواع
الكروية أو العصوية على الظهور. ولقد وجد حديثا أن هذا الميكروب
يمر بخمس مراحل فى تاريخ حياته (شكل ٤٠) كالاتى :



(شكل ٤٠)

دورة حياة الريزوبيا

١ — الطور الأول : وفيه الخلايا كروية الشكل غير متحركة وتسمى
Preswarmer، وتلاحظ خلاياه فى المزارع المحفوظة فى محلول تربة متعادل.

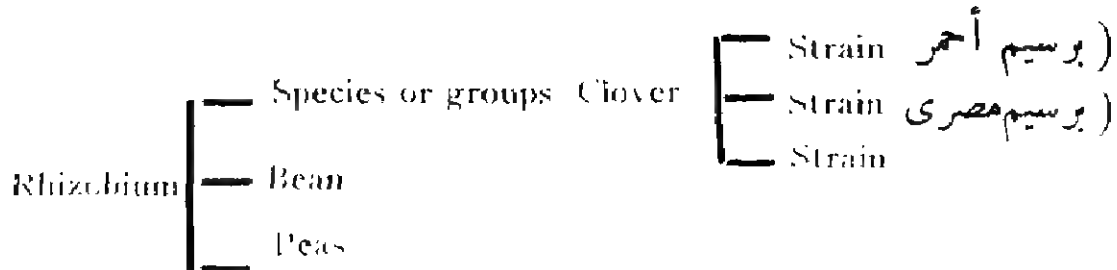
٢ — الطور الثانى : كرويات كبيرة غير متحركة تظهر فى وجود كروايدرات وفوسفات فى البيئة .

٣ — الطور الثالث : وفيه الخلايا بيضية الشكل متحركة وتسمى Motile swimmers وفى هذا الطور تستطيل الكريات وتكون بيضية الشكل متحركة .

٤ — الطور الرابع : وفيه تظهر الخلايا عصوية الشكل قليلة الحركة .
٥ — الطور الخامس : وتظهر فيه الخلايا ذات الفجوات Vaculated stage تصبح العصويات فى هذا الطور بها فراغات ، ويحدث ذلك فى عدم وجود الكروايدرات ، فتظهر الخلايا محزمة ، ثم تختفى الأحزمة وتتكور الخلايا لتبدأ فى الطور الأول .

بكتريا العقد الجذرية وتخصصها

بكتريا العقد الجذرية *Rhizobium* تنقسم إلى أنواع كثيرة، وكل منها يصيب نباتات خاصة مثل البرسيم ، ونوع آخر يصيب الفول وغيرها .



والنوع الذى يصيب البرسيم مثلا لا يصيب الفول والعكس صحيح . ولكن كل من هذه الأنواع ينقسم بدوره إلى سلالات ، فمثلا النوع الذى يصيب البرسيم مثلا يتبعه عدة سلالات منها سلالة تصيب البرسيم الأحمر Red Clover ، وسلالة تصيب البرسيم المصرى . وتستطيع سلالة البرسيم الأحمر أن تغزو البرسيم المصرى والعكس صحيح، ولكن ليس بنفس القوة التى تصيب بها السلالة نباتاتها الخاصة ، أى أن سلالة البرسيم الأحمر تصيب نبات البرسيم الأحمر بقوة كبيرة .

تقسيم بكتريا العقد الجذرية

ويذكر فهمي أنه يمكن القول بوجه عام أن أنواع البكتريا العقدية لا تختلف بعضها عن بعض إختلافا واضحا في صفاتها المورفولوجية أو الفسيولوجية . ولقد قسمت البكتريا العقدية إلى أنواع Species ليس تبعاً لاختلاف هذه الصفات ، ولكن على أساس قدرتها على إصابة النباتات البقولية وتكوين عقداً جذرية على جذورها ، فالزرعة النقية من الجنس *Rhizobium* التي تستطيع أن تكون عقداً جذرية على مجموعة من النباتات البقولية ولكن ليس لها القدرة تحت نفس الظروف أن تكون عقداً جذرية على غيرها من النباتات الأخرى اعتبرت نوعاً Species قائماً بذاته من الجنس *Rhizobium* . وقد أطلق على مثل هذه النباتات البقولية التي تشترك مع بعضها في قابليتها للإصابة بنوع واحد من البكتيريا العقدية إسم نوع Species أو Bacterial-plant group أو Cross-inoculation group .

وقد قسمت النباتات البقولية تبعاً لذلك إلى ٢١ مجموعة ، ومن هذه المجموعات سبعة فقط هي التي لها أهمية إقتصادية . والجدول الآتي يبين هذه المجموعات وأهم النباتات ذات الأهمية الاقتصادية التي تضمها كل مجموعة ونوع البكتيريا الخاصة بكل منها .

وأهمية هذا التقسيم في الزراعة يرجع إلى أن النوع الواحد من البكتريا العقدية الخاصة بمجموعة ما لها القدرة دائماً على أن تصيب جميع النباتات التي تتبع هذه المجموعة دون غيرها من نباتات المجاميع الأخرى . فمثلاً يصيب النوع *Rhizobium meliloti* جميع النباتات التي تقع في مجموعة البرسيم الحجازي ، ولكن ليست له القدرة على أن يصيب أي من نباتات مجموعة البسلة ، وبما هو جدير بالذكر أن أفراد المجموعة الواحدة قد تضم عدداً من النباتات تختلف عن بعضها إختلافاً واضحاً .

وليس هناك تفسير مقبول لتقسيم البكتريا العقدية إلى أنواع على

جدول (١٨)
الجموعات النباتية وأنواع البكتريا المتخصصة في أصابتها

النباتات التي تصيبها المجموعة	نوع البكتريا	اسم المجموعة
البرسيم الحجازي . النقيط . الحندقوق . الحنبلية . البرسيم المصري . البرسيم الأحمر . البرسيم القرمزي السنبل . برسيم الزهور . الهدس . الفاصوليا والفول . الترمس الجوالي والمستطير فول الحمونيا . التوبيا . الفول المستطير والى فاصوليا البهلاء . البيلاب .	R. meliloti R. trifolii R. leguminosarum R. phaseoli R. lupini R. japonicum R. sp.	Alfalfa group Clover group Pea group Bean group Lupine group Soybean group Cowpea group
مجموعة البرسيم الحجازي		مجموعة البرسيم الحجازي
مجموعة البرسيم		مجموعة البرسيم
مجموعة البسلة .		مجموعة البسلة .
مجموعة الفاصوليا		مجموعة الفاصوليا
مجموعة الترمس		مجموعة الترمس
مجموعة فول الحمونيا		مجموعة فول الحمونيا
مجموعة التوبيا		مجموعة التوبيا

أساس المجموعات النباتية، ومع ذلك فقد وجد أن برتينات بذور كل مجموعة متشابهة عندما أختبرت سيرولوجياً Serologically بواسطة طريقة الترسيب . Precipitin test

كيفية تعيين نوع البكتريا

بزراعة نوع ما وليكن الفول مثلاً في رمل معقم أو على بيئة الاجار، وفائدة هذه البيئة، التأكد من أن البذرة معقمة جيداً، ثم يلقح النبات بالميكروب الذى يصيب نوع آخر وليكن البسلة مثلاً، فيشاهد عدم تكوين العقد الجذرية، ولكن إذا لقيح بالميكروب الذى يصيب الفول تتكون العقد الجذرية .

أهمية البكتريا العقدية

تثبت هذه الميكروبات أزوت الهواء الجوى ، وهى مهمة للنباتات منذ بدأ حياتها إلى قرب حصادها . وهى تمد النبات بما يحتاجه من أزوت، فتعطى النباتات غلة كبيرة بدون تسميد، وكذا تمد التربة بكمية كبيرة من الأزوت . والبكتريا لا يمكنها تثبيت الأزوت بمفردها، ولكن لابد من وجود النبات (تبادل المنفعة) للقيام بالعملية .

وبالنسبة لوجود هذه البكتريا فى العقد على جذور النباتات البقولية ، نجد أن هذه النباتات غنية بالأزوت ، فمثلاً نرى أن ١ طن دريس من البرسيم الحجازى يحتوى على ٣٠٠ - ٣٥٠ رطل بروتين ، بينما أن ١ طن من الحشائش أو تبغ شعير أو قمح يحتوى على ١١٥ - ١٥٠ رطل بروتين . ويتضح مما تقدم أن البقوليات غنية بالبروتينات .

ويذكر فهمى أن المحاصيل البقولية تختلف عن بعضها فى مقدار ما تثبته من أزوت الهواء الجوى، فمحاصيل المراعى مثل البرسيم الحجازى تثبت كمية من الأزوت تفوق كثيراً ما تثبته محاصيل الحبوب مثل الفول والبسلة وفول

الصويا . وعلى فرض أن البرسيم الحجازى يثبت ١٠٠ وحدة أزوت فيمكن ترتيب بعض المحاصيل البقولية كالآتى :

برسيم حجازى ١٠٠ وحدة	فول الصويا ٤٢ وحدة
القول البلدى ٢٣ وحدة	البسلة ١٩ وحدة

وقد وجد أن البرسيم الحجازى يثبت تحت أحسن الظروف مامقداره ٢٥١ رطلا من الأزوت للفدان الواحد سنويا ، ولعل هذا الاختلاف فى مقدار ماثبته المحاصيل البقولية من الأزوت يرجع إلى اختلاف مدة مكثها فى الأرض . كما قد يرجع إلى اختلاف نظام مجموعها الجذرى ، فمحاصيل الحبوب كالقول مثلا التى لها نظام جذرى محدود والذى تتسكون عليه العقد الجذرية خلال فترة قصيرة من الزمن يثبت كمية من الأزوت تقل عما تثبته المحاصيل البقولية التى تبقى فى الأرض مدة طويلة والتى لها نظام جذرى يتجدد على مدار موسم النمو والذى تتسكون عليه عقد جذرية باستمرار ولفترة طويلة من الزمن .

أما مقدار ما تستفيد التربة من الأزوت المثبت بواسطة النباتات البقولية فإنه يختلف باختلاف الطريقة التى يعامل بها المحصول عند حصاده ، فإذا حرث المحصول البقولى فى الأرض كسماد أخضر . فإن التربة تستفيد من جميع الأزوت المثبت ، أما إذا أكلت الحيوانات المحصول أو حول إلى سيلاج لتغذيتها ثم أضيف السماد الناتج من هذه الحيوانات إلى التربة ، فإن مقدار الأزوت الذى يضاف إلى التربة فى هذه الحالة يتراوح ما بين ٥٠ ٪ - ٨٠ ٪ من مجموع الأزوت المثبت . أما إذا أزيل المحصول بعيداً عن التربة فإن مقدار الاستفادة فى هذه الحالة يكون بالقدر الذى يتبقى من هذه المحاصيل بعد حصادها بما فى ذلك الجذور وما عليها من عقد جذرية . وهنا تختلف الاستفادة من محصول لآخر . فالبقوليات - مثل البرسيم - التى لها مجموع جذرى كبير فإن ما يتبقى

منها عقب الحصاد قد يحتوى على ما يقرب من ١ ما يحتويه النبات من أزوت. وهذه الكمية لا تعرض فقط ما يكون قد استولى عليه النبات من أزوت التربة، بل تزيد من كميته فيها، أما المحاصيل الأخرى مثل فول الصويا والبسلة التي تخلع معظم جذورها عند الحصاد، فإن ما تبقى من مخلفاتها لا يزيد كثيراً عن ١/٢ مجموع الأزوت الكلى فى النبات، وهى بذلك قد تسلب الأرض بعض ما قد يوجد بها من أزوت. وفيما يلى حساب تقريبي لما تحصل عليه الأرض المصرية من مركبات أزوتية سنوياً نتيجة لزراعة النباتات البقولية.

تبلغ المساحة التى تزرع سنوياً بالبقوليات نحو ٤٠٪ من مجموع المساحة الكلية أى نحو ٢٥٠٠.٠٠٠ فدان. وعلى فرض أن الفدان الواحد يعطى فى المتوسط نحو طن من الوزن الجاف، بما فى ذلك الحبوب والسوق والأوراق والجذور، وأنها تحتوى فى المتوسط على ٢٪ أزوت، فيكون مقدار الأزوت الذى تحتوى عليه النباتات البقولية الناتجة من هذه المساحة يعادل نحو ٥٠٠.٠٠٠ طن من الأزوت. وعلى فرض أن ١/٢ هذا الأزوت تحصل عليه النباتات البقولية من الجو، فتكون الكمية المثبتة من الجو هى ٢٥٠.٠٠٠ طن أزوت أو ما يعادل ١٦٠٠.٠٠٠ شوال من السماد النترالى الذى يحتوى على ١٥٪ أزوت. نصفها يعود إلى الأرض، وهو يشمل ما تتركه المحاصيل من جذور وخلافه، وهو ما يعادل ١/٢ وزن النبات مضافاً إليه ما يضاف إلى التربة على صورة أسمدة عضوية تنتج من تغذية الإنسان والحيوان على هذه البقوليات.

٢ تثبيت الأزوت

يثبت الأزوت نتيجة للمعيشة المشتركة بين النباتات والبكتريا (تبادل المنفعة). فالنبات يمد البكتريا بالكربوايدرات التى تستعمل كمصدر للطاقة، والميكروب يثبت الأزوت الجوى إلى مواد أزوتية، وهذه تنتقل إلى أجزاء النبات بواسطة الحزم الوعائية، والزائد عن حاجته يتسرب من العقد إلى

التربة . وهذه المواد المتسربة تصلح غذاء للبكتريا الموجودة بمنطقة الجذور (ريزوسفير) ، أو تستفيد منها نباتات غير بقولية محملة على المحصول البقولى . مثل القمح أو الشعير (بفيته) . وأول من أثبت إستفادة انبثاتات غير البقولية المحملة على البقوليات هو العالم ليبمان Lipman الذى اقترح أن الاستفادة ترجع إلى المواد الازوتية التى تفرزها جذور البقوليات ، والتى تمثلها النباتات غير البقولية . وبين ذلك بأن زرع مخلوط مكون من الشوفان والبسلة بنسبة ١ : ١ فى مخلوط الرمل والتربة ، فوجد أن النتروجين الكلى والوزن الجاف للشوفان المزروع مع البسلة يفوق ذلك المزروع وحده .

كما أثبت ذلك أيضاً بزراعة نبات بقولى فى أصيص يحتوى على رمل مضاف إليه الاملاح اللازمة ما عدا النتروجين ، ثم زرع نبات آخر غير بقولى مثل الشوفان فى أصيص منفذ يوضع بين النباتات البقولية - تكرر نفس المعاملة ولكن بإستعمال أصيص غير منفذ ، فيشاهد أن نباتات الشوفان فى الحالة الاولى ذات نمو خضرى كبير ، نظراً لتمثيل جذورها للأغذية الزائدة عن حاجة البقوليات ، بينما فى الحالة الثانية نشاهد نباتات الشوفان هزيلة ، وذلك نظراً لعدم إمكان تسرب الأغذية الزائدة عن حاجة البقوليات المفترزة من العقد البكتيرية إلى التربة ، نظراً لأن الأصيص المزروع فيه غير منفذ . (أنظر شكل ٤١) .

ولقد وجد أن حوالى ٧٤ ٪ من الازوت الممثل يثبت فى أوراق وفروع النبات البقولى ، فإذا حرث النبات فى التربة (الاوراق والفروع) فإنها قد تضيف ٢٠٠ رطل نتروجين إليها . وعلى العموم فى الظروف العادية فى الزراعة حيث تنبثق فى الارض الجذور فقط فإن الميكروبات تثبت من ٥٠ - ١٠٠ رطل نتروجين لكل قدان فى العام

نظرية تثبيت النتروجين

نظرية النتروجين بالبكتريا العقدية مشابهة لما ذكر فى الازوتوبا كتر . يعتقد أن الاحماض الامينية مثل الاسبرتيك والجلوتاميك تفرز أيضاً

فى التربة ، وتساعدا على نمو النباتات الاخرى غير البقولية مستقبلا .
ولقد أظهرت التجارب أن عنصر المولبدنوم له أهمية كبيرة فى تثبيت
الآزوت الجوى بواسطة بكتريا العقد الجذرية ، حيث أن جزء مولبدنوم
يعطى ٨٠٠٠٠ جزء نيتروجين مثبت . ولقد وجد أن النسبة بين المولبدنوم
إلى النيتروجين تماثل ١:٢٠٠٠٠٠ . ليكون تثبيت النيتروجين مثالى، وأن زيادة
المولبدنوم بعد ذلك ليست لها أى قيمة . ولقد وجد أن أنسجة العقدة
البكتيرية غنية بعنصر المولبدنوم، كما أثبت حديثاً أحد علماء الروس أن عنصر
المولبدنوم موجود بالعصير الخلوى لخلايا العقدة وليس فى بروتوبلازم
البكتريا ذاتها .



(شكل ١)

تأثير النباتات البقولية على نمو النباتات الغير بقولية .
نشاهد الشوفان فى الاصص الداخلى والبسلة فى الاصص
الخارجية .

الاصيص الداخلى الى اليسار مسامى
أما الاصيص الداخلى الى اليمين فقير مسامى

هناك بعض إختلافات بين عملية تثبيت النتروجين بواسطة البكتريا الغير عائشة بالاشتراك وبكتريا العقد الجذرية فى أن الاولى تحتوى على إنزيم الهيدوجينيز بينما الاخيرة لا تحتويه .

كما أن بكتريا العقد الجذرية تستهلك طاقة بنسبة أقل من تلك التى تستهلكها البكتريا الغير عائشة بالاشتراك . فتمتد وجد العالم بوند Bond فى جلاسجو أن بكتريا العقد الجذرية على جذور فول الصويا تستهلك ١٥ مليون جرام سكر لكل مليون جرام نتروجين مثبت ، بينما تستهلك الازوتوبكتريا أكثر من ٥٠ مليون جرام سكر لكل مليون جرام نتروجين مثبت . كما وجد ينسن Jensen وآخرون أن البرسيم الحجازى تثبت أنسجة عقدة البكتيرية من ٧٥ - ٨٠ ٪ من محتوياتها النتروجينية يوميا .

العوامل التى تؤثر على تثبيت الأزوت الجوى

يتوقف مقدار الأزوت الجوى الذى تثبته البكتريا العقدية بالاشتراك مع النباتات البقولية على عوامل كثيرة ، بعضها يتعلق بالتربة وبعضها يتعلق بكل من النبات البقولى والبكتريا العقدية .

أما فيما يتعلق بالتربة . فقد وجد أن هناك علاقة وثيقة بين تأثير بعض العوامل مثل التهوية ودرجة الحرارة والرقم الأيدروجينى على نمو النباتات البقولية ، ومقدار ما تثبته من الأزوت الجوى ، وبوجه عام يمكن القول أن العوامل التى تزيد من نمو البقوليات تساعد أيضا على تكوين العقد الجذرية ، وتزيد من قدرتها على تثبيت الأزوت الجوى . فمثلا تجود معظم النباتات البقولية عندما يكون رقم الأيدروجين للتربة قريبا من التعادل ، وعلى هذه الدرجة أيضا تصل نسبة الأزوت المثبت إلى حدها الأقصى ، كما أن النباتات البقولية التى يلائم نموها الوسط الحامضى فانه يصل أقصى ما تثبته من أزوت عند هذه الدرجة من الحموضة .

وللعناصر الغذائية التي توجد في التربة أو التي قد تضاف إليها تأثير واضح على عملية تثبيت الأزوت ، فقد أظهرت تجارب الحقل أن إضافة المركبات الكيميائية مثل الكالسيوم والمنجنيز والفوسفات والبوتاسيوم تنشط تكوين العقد الجذرية، وتزيد في قدرتها على تثبيت الأزوت الجوى ، وإن كان لم يعرف بعد حقيقة الدور الذي تلعبه في ميكانيكية عملية التثبيت. وقد وجد أن إضافة الجير إلى التربة الفقيرة فيه ضرورى للحصول على محصول وافر وكمية كبيرة من الأزوت المثبت . ولما كان الجير يضاف إلى التربة عادة على صورة كربونات الكالسيوم فقد عزى البعض التأثير النافع للكالسيوم إلى أن كربوناته تجعل الوسط الذى تنمو فيه النباتات متعادلا ، ولكن التجارب التي أجريت أخيرا أثبتت أن التأثير يعود إلى عنصر الكالسيوم نفسه ، فقد أمكن الحصول على نسبة عالية من الأزوت المثبت بواسطة نبات فول الصويا المنزرع في تربة حامضية عندما أضيف إلى التربة كمية مناسبة من الكالسيوم . أما المنجنيز فقد وجد أنه يلعب دورا هاما في تكوين العقد الجذرية، وقدرتها على تثبيت الأزوت بواسطة نبات فول الصويا ، وقد عزى البعض تأثيره إلى أن وجوده يساعد على الاستفادة من الكالسيوم . كما وجد أن الفوسفات تزيد من نمو المحاصيل البقولية ، كما تزيد من قدرتها على تثبيت الأزوت. أما البوتاسيوم فيساعد على تثبيت الأزوت عن طريق تأثيره على زيادة تكوين الكربوهيدرات في النباتات .

ولبعض العناصر النادرة Trace elements تأثير واضح على مقدار ما تثبته النباتات البقولية من أزوت . فلعنصر المولبدنوم Molybdenum أهمية خاصة في عملية التثبيت نفسها ، فقد لوحظ أن غيابه أو وجوده بكميات قليلة جداً في التربة لا يؤثر على نمو النباتات ، ولا يمنع من تكوين العقد الجذرية. ولكن تلك العقد تفقد قدرتها على تثبيت الأزوت . أما البورون Boron فقد ظهر أن وجوده ضرورى لتكوين العقد الجذرية .

أما المخصبات الأزوتية كالنترات، فإن وجودها بكميات كبيرة في التربة يزيد من نمو المحاصيل البقولية ، ولكن على العكس ينشأ عن وجودها نقص واضح في كمية ما تثبتته تلك النباتات من الأزوت الجوى، وبالعكس كلما قلت كمية النترات في التربة زادت كمية الأزوت المثبت، أى أن كمية الأزوت التى تثبتها البكتريا العقدية بالاشتراك مع النباتات البقولية تتناسب تناسباً عكسياً مع كمية المواد الأزوتية الذائبة في التربة. ولم يعرف بالضبط تأثير وجود النترات في التربة على كمية الأزوت المثبت، وقد وضعت عدة تفسيرات لذلك منها :

١ - أن النترات نفسها تمنع تكوين العقد الجذرية على جذور النباتات . فالبكتريا لا تتأثر ولا تنمو لوجود النترات في التربة ، ولكن قد يكون لوجودها بكثرة في التربة تأثير فسيولوجى على النبات نفسه يمنع البكتريا من تكوين العقد الجذرية .

٢ - عندما توجد النترات بكميات وافرة في التربة فإنه ترتفع تبعاً لذلك نسبتها في عصارة النبات ، مما يؤدي إلى سرعة استنفاد المواد الكربوهيدراتية لتكوين أنسجة نباتية. ولما كانت المواد الكربوهيدراتية غذاء ضرورى للبكتريا العقدية فإن قلة تركيزها قد يؤدي إلى توقف نمو البكتريا بعد اختراقها لجذور النبات ، وتكون النتيجة النهائية هو عدم تكوين العقد الجذرية، وبالتالي قلة كمية الأزوت المثبت .

على أنه في بعض الأحوال قد يكون لوجود بعض الأزوتات في التربة أثر مفيد عند بدأ النمو ، فالبقوليات ذات البذور الصغيرة مثل البرسيم تحتاج إلى وجود بعض الأزوتات عند الزراعة ، وذلك لأن ما يوجد ببذور هذه النباتات من المواد الأزوتية قد لا يكفي حتى تتمكن النباتات من تكوين العقد الجذرية والاعتماد عليها في الحصول على ما يلزمها من الأزوت . أما البقوليات ذات البذور الكبيرة مثل فول الصويا والفول والبسلة فإنها لا تتأثر كثيراً في حالة خلو التربة من الأزوتات إبان الأطوار الأولى من النمو ، وذلك لاحتواء بذورها على كمية وافرة من المواد الأزوتية تفي بحاجتها حتى تكون على جذورها العقد الجذرية .

ولا تتوقف كمية ما تثبته النباتات البقولية من الازوت المنفرد على ما سبق ذكره من عوامل طبيعية أو كيميائية فقط ، ولكن تتوقف أيضا على عوامل حيوية تتعلق بكل من النبات والبكتريا ومقدار استجابة كل منهما للآخر أثناء معيشتهما المشتركة ، ويرجع التفاوت في الاستجابة إلى ما يأتي :

(١) سلالة البكتريا *Rhizobial* (Strain variation within a species of *Rhizobial*)

فالسلاسل المختلفة لنوع واحد من البكتريا العقدية تختلف في مقدرتها على تثبيت الازوت الجوى بالاشتراك مع العائل ، فمثلا إذا عزلت ١٠٠ مزرعة نقية من البكتريا التي تصيب البرسيم من عقد جذرية لنباتات مأخوذة من حقول برسيم مختلفة ، فإن هذه السلاسل البكتيرية تختلف في قدرتها على تثبيت الازوت الجوى عندما تدخل في معيشة مشتركة مع صنف واحد من البرسيم ، فقد وجد مثلا أن من بين المائة مزرعة التي عزلت نحو ٢٥ مزرعة لها قدرة عالية على تثبيت الازوت ، ونحو ٥٠ منها متوسطة ، بينما الباقي ليس له إلا قدرة ضعيفة على تثبيت الازوت. وقد أطلق على السلاسل التي لا تثبت الازوت أو تثبته بكميات ضئيلة اسم سـلـالـة غير فعالة (Uneffective strain) تميزا لها عن السلاسل الفعالة (Effective strain)

ويعتقد بعض الباحثين أن اختلاف السلاسل عن بعضها في مقدرتها على تثبيت الازوت يرجع إلى السرعة التي تتحلل بها العقد الجذرية ، فالسلاسل غير الفعالة تتحلل عقدها بسرعة عقب تكوينها بخلاف السلاسل الفعالة التي تستمر عقدها فترة طويلة تثبت خلالها كمية كبيرة من الازوت قبل أن تتحلل . وعلى ذلك فالفرق بين الإثنين هو فرق كمي . فإذا قامت العقدة الجذرية بوظيفتها مدة طويلة من الزمن تثبت خلالها كمية كبيرة من الازوت ، اعتبرت العقدة ناشئة من سلالة بكتيرية فعالة ، أما إذا تحللت العقدة في فترة

قصيرة، فإنه رغمًا من مقدرتها على تثبيت الأزوت الجوى خلال فترة حياتها فإنها تعتبر ناشئة من سلالة غير فعالة .

(ب) تخصص النبات العائل Host plant specificity

كما تختلف السلالات البكتيرية لصنف واحد من البكتيريا العقدية في قدرتها على تثبيت الأزوت من نوع واحد من العائل، فإن سلالة بكتيرية واحدة تختلف في قدرتها على تثبيت الأزوت باختلاف العوائل التي تستطيع أن تدخل معها في معيشة مشتركة التي تضمها مجموعة واحدة .

(Plant bacterial group) ، فثلا الميكروب *Rhizobium meliloti* المهرزول من البرسيم الحجازى ، يستطيع أن يكون عقدا جذرية مع كل من البرسيم الحجازى والنفل والهندقوق والحلبة التي تضمها مجموعة واحدة ، إلا أنه من الثابت أن البكتيريا التي تعزل من عقد جذور البرسيم الحجازى ، فإنها أقدر على تثبيت كمية أكبر من الأزوت إذا ما لقح بها برسيم حجازى عما إذا لقحت بها بقية النباتات الداخلة معه في نفس المجموعة . كما أن البكتيريا التي تعزل من عقد الحلبة أقدر على تثبيت الأزوت عندما تلقح بها الحلبة عما إذا لقحت ببكتيريا عزلت من البرسيم . وقد يكون هذا التخصص أبعد مدى فإن صنفاً واحداً من البكتيريا العقدية الخاصة بالبرسيم ، قد يكون أقدر على تثبيت الأزوت بالاشتراك مع سلالة معينة من البرسيم عن سلالة أخرى من البرسيم . والحقائق المتقدمة عن أهمية النبات البقولى (العائل) في عملية تثبيت الأزوت الجوى تدعو إلى مراجعة الرأى القائل بأن البكتيريا هي التي تقوم بعملية تثبيت الأزوت، وأن دور النبات ما هو إلا مجرد مدها بالكربوايدرات اللازمة لنموها .

وقدرة سلالة من البكتيريا على تثبيت الأزوت لصنف معين من البقوليات صفة غير ثابتة ، فقد وجد أن تلقيح التربة بسلالة فعالة من

البكتيريا قد ينتج عنها طفرات غير فعالة، ولم يعرف شيء بعد عن ظروف التربة التي تشجع نمو هذه الطفرات على حساب السلالة الأصلية . وقد أمكن تغيير مقدرة بعض السلالات على تثبيت الأزوت، فقد وجد مثلاً أنه إذا نمت البكتيريا العقدية في بيئة تحتوي على نسبة عالية من بعض الأحماض الأمينية مثل الجايسين ، فإنها سرعان ما تفقد قدرتها على تثبيت الأزوت عندما يلقح بها النبات العائل ، وبالعكس فإنه من الممكن تحويل السلالات غير الفعالة إلى أخرى فعالة . فإذا مرت البكتيريا عدة مرات خلال العائل بتلقيحه بها ثم عزلها ثم إعادة التلقيح والعزل عدة مرات ، فإن ذلك يزيد من مقدرة البكتيريا على تثبيت الأزوت الجوى ويحولها في النهاية إلى سلالة فعالة .

تكوين عقد بكتيرية على نباتات أخرى

بالرغم من وجود العقد البكتيرية على جذور النباتات البقولية، إلا أنه توجد نباتات أخرى تتبع عائلات مختلفة تحتوي على عقد بكتيرية ، ولكنها ليست جميعاً مثبتة لتروجين الهواء الجوى ، فيوجد أنواع من نباتات *Alnus* تحتوي جذورها على عقد بكتيرية . قد أثبت Hiltner (١٨٩٦) أن هذه العقد تستطيع تثبيت الأزوت الجوى ، ولقد أثبت حديثاً أن نبات *Alnus glutinosa* يحتوي في جذوره على عقد بكتيرية تستطيع تثبيت أزوت الجو ، وذلك بأن زرعه في رمل لا يحتوي على مركبات النتروجين ، وتمكن النبات من النمو بدون أن تظهر عليه أعراض نقص الأزوت ، كما أمكنه عزل الميكروب المسبب لهذه العقد .

هذا وقد وجد أيضاً أن جذور نبات *Coriaria japonica* تحتوي على عقد بكتيرية تثبت الأزوت الجوى ، كما وجد أيضاً عقد بكتيرية في كثير من النباتات تثبت الأزوت مثل *Hippophae, Elaagnus, Alnus, Casuarina, Myrica gale* ، وهذه نباتات معمرة أما أشجار أو شجيرات . وأهميتها في الغابات وليس في الأراضي الزراعية .

تلقيح التربة بالميكروبات

Soil Inoculation

قد تلقح التربة بالميكروبات النافعة مثل الأرتوبيا كثر ، ولكي يتكاثر الميكروب الملقح لابد من توافر العوامل المناسبة لنموه .
ولكنه ثبت أن تلقيح التربة بميكروبات العقد الجذرية للنباتات البقولية هام جداً ، خصوصاً في الأراضي المستصلحة حديثاً ، والتي لم تزرع بعد بالنباتات البقولية ، أو عند إدخال صنف جديد من النباتات البقولية لم يزرع بعد بتلك الأراضي .

وقد وجد فرنان أن تلقيح المحصول البقولى يعطى إنتاجاً أكثر من المحصول غير الملقح المضاف إليه أملاح النيتروجين كما يرى من نتائج الآتية:

تأثير التلقيح على نمو البرسيم الأحمر (عن فرنان)

الرقم الأيدروجينى للرمل المزروع فيه البرسيم ٦٥

عدد النباتات فى كل أصيص ١٠ نبات

عمر النباتات عند التحليل ١٠٦ يوم

التغذية النتروجينية	التلقيح	تقدير الوزن الجاف للنباتات بالجرام
محلول مغذى + نترات البوتاسيوم	غير ملقح	٢٣،٧٨
محلول مغذى + نترات البوتاسيوم	غير ملقح	٢٤،٠٧
محلول مغذى + كبريتات الأمونيوم	غير ملقح	٢٢،٣٢
محلول مغذى + كبريتات الأمونيوم	غير ملقح	١٨،٠٠
محلول مغذى خالى من أملاح النتروجين	ملقح	٣١،٣٨
محلول مغذى خالى من أملاح النتروجين	ملقح	٣٠،٢٧

وفيما يلى طرق التلقيح المتبعة :

توجد طريقتان لتلقيح النباتات البقولية بواسطة البكتريا العقدية :

١ — استعمال التربة

وتتلخص هذه الطريقة في نقل ما يقرب من ٥٠٠ رطل من التربة المأخوذة من الطبقة السطحية لعمق ١٥ — ٢٠ سم من حقل سبق زراعته بنجاح بنفس المحصول البقولي المراد زراعته . وهذه الكمية تكفي لتلقيح فدان واحد ، تنثر بانتظام على سطح الحقل ، ثم تخلط جيداً بالتربة الأصلية قبل زراعة البذور . وقد تتبع أحياناً طريقة أخرى للتلقيح بواسطة التربة ، وذلك بأن تخلط كمية مناسبة منها بمقدار من الماء يكفي لتكوين شبه عجينة خفيفة ثم تخلط بها البذور خلطاً جيداً ثم تترك لتجف قليلاً قبل زراعتها .

ولاستعمال التربة في التلقيح عدة عيوب ، منها عدم التأكد من معرفة ما إذا كانت التربة تحتوي على عدد كاف من البكتريا لتكوين العقد الجذرية ، كما قد تكون البكتريا الموجودة بالتربة غير فعالة ، أو قد تحتوي التربة المنقولة على كثير من بذور الحشائش الضارة كالهالوك أو على ميكروبات بعض الأمراض النباتية ، ولذلك فإن هذه الطريقة قلما تستعمل في الوقت الحاضر علاوة على أنها مكلفة .

٢ — استعمال المزارع البكتيرية

وفي هذه الطريقة خلط البذور قبل زراعتها مباشرة بمزرعة نقية من بكتريا العقد الجذرية، وتحضر المزارع البكتيرية على ثلاث صور مختلفة :

(١) مزارع سائلة Liquid cultures

تحضر هذه المزارع بتلقيح بيئة مناسبة مثل بيئة خلاصة التربة بالبكتريا الخاصة ، ثم تترك لتنمو على درجة حرارة ٢٥°م ، حتى إذا ما بلغ النمو أقصاه ، تبدأ في زجاجات وت شحن إلى مناطق استعمالها . وتجرى عملية التلقيح بترطيب البذور وخلطها جيداً بالبيئة بعد تخفيفها قليلاً بالماء ، ثم تترك البذور لتجف

قليلًا في مكان ظليل قبل زراعتها . وهذه الطريقة قليلة الانتشار وذلك لكثرة تكاليفها وصعوبة شحنها وتعرضها للتلوث أثناء الشحن .

(ب) مزارع الآجار

تحضر هذه المزارع بتلقيح أنابيب اختبار كبيرة أو زجاجات خاصة ذات جانب مسطح، تحتوي على بيئة مغذية مضاف إليها الآجار، بيكتريا العقد الجذرية، ثم تحفظ على درجات حرارة ملائمة لنمو البكتريا، حتى إذا ما بلغ النمو أقصاه، تشحن هذه الأنابيب أو الزجاجات إلى مناطق إستعمالها . ولاستعمال هذه المزارع في التلقيح يضاف الماء أو اللبن الفرز إلى أنابيب أو زجاجات الآجار، ثم يكشط النمو البكتيري من فوق سطح الآجار، ويخلط جيداً مع الماء أو اللبن الفرز ثم تلتحق البذور بالطريقة السالفة الذكر في المزارع السائلة .

(ح) مزارع البكتريا على مادة حاملة

وهذا النوع من المزارع هو الأكثر انتشاراً ، ويحضر بتنمية البكتريا أولاً على بيئة سائلة، حتى إذا ما بلغ النمو أقصاه، أضيف السائل الذي يحتوي على البكتريا إلى مادة حاملة مثل الدوبال ، أو خليط من التربة والفحم ، ثم يخلط سوياً خلطاً جيداً بحيث تكون درجة الرطوبة النهائية في المخلوط تتراوح ما بين ٤٠ ٪ — ٥٠ ٪ ، ثم يعبأ المخلوط في أكياس من السلوفان أو علب من الصفيح محكمة القفل، ثم توزع في الأسواق . والمزارع المحضرة بهذه الطريقة تحتفظ بحيويتها فترة طويلة، خصوصاً إذا حفظت على درجات حرارة منخفضة ، على أنه من المستحسن استعمال التحضيرات الحديثة لضمان الحصول على أحسن النتائج . ولاستعمال هذا النوع من المزارع ، تؤخذ كمية مناسبة من المزرعة ويضاف إليها الماء بكمية كافية لعمل ما يشبه (محلول) أو (معلق) ، وهذا يضاف إلى البذور المراد تلقيحها ثم تقاب معه جيداً وتنتشر لتجف قليلاً قبل زراعتها .

ويقوم في الوقت الحاضر كثير من المعامل في أوروبا وأمريكا بتحضير مزارع بكتيرية لتلقيح النباتات البقولية، وتوجد هذه المستحضرات في الأسواق تحت أسماء مختلفة، وقد تحتوى هذه المزارع على صنف واحد من البكتريا لتلقيح بذور جميع النباتات التي تقع في مجموعة واحدة Bacterial-plant group، فتوجد مزارع بكتيرية لتلقيح نباتات مجموعة البرسيم وأخرى خاصة بمجموعة البسلة وهكذا. أو تحضر مزارع نقية بحيث تحتوى على البكتريا الخاصة بنبات معين في المجموعة الواحدة، فمثلا تحضر مزارع لتلقيح تقاوى البرسيم الحجازى وأخرى خاصة بالحلبة. كذلك قد تحضر مزارع خاصة بكل صنف من النباتات البقولى الواحد. ويجانب هذا تحضر مزارع بكتيرية لتلقيح تقاوى نباتات أكثر من مجموعة واحدة، فتوجد مزارع تحتوى على بكتريا خاصة بمجموعة البرسيم الحجازى مثلا مختلطة مع بكتريا مجموعة فول الصويا.

وقد توصل قسم الميكروبيولوجيا الزراعية بوزارة الزراعة إلى استنباط بيئة جافة لتحميل البكتريا العقدية الخاصة بكل من أنواع المحاصيل البقولية المختلفة، وقد أطلق على هذا المستحضر اسم (عقدين) ويتركب «العقدين» من حامل Carrier مكون من الآتى :

تربة منخولة	٩٠٠ جرام
مسحوق فحم حيوانى ناعم	١٠٠ جرام
جيلاتين	١٠ جرام
سكر المانيتول	١٠ جرام
فوسفات ثنائى البوتاسيوم	٥ جرام

يلقح الحامل السابق الذكر بمزرعة نقية ونشطة (عمرها ثلاثة أيام) من الريزوبيوم وتخلط جيداً.

ولقد ذكر القسم أن البكتريا تستطيع أن تعيش بهذا المسحوق لمدة طويلة تتجاوز الأربعة شهور على درجة حرارة الحجرة، وأن العقدين أعطى

عداً أكبر بعد أربعة شهور على درجة حرارة المعمل ، كما أنه أعطى أكبر عدد من العقد البكتيرية على الجذور ، وذلك عند تلقيح النباتات به .

ولقد لوحظ أنه عند زراعة نبات بقولي في تربة ما باستمرار ، ينشأ عنه اضمحلال في تكوين العقد البكتيرية على جذور هذا النبات . ويعمل البعض ذلك بأن السلالات المختلفة لبكتريا العقد الجذرية تخضع للتأثير السيء للبكتريوفاج (الفيروس الذى يتطفل على هذه السلالات) ، كما تتأثر هذه السلالات أيضا بواسطة الميكروبات المضادة في التربة .

ومما يدعو إلى الدهشة أن الفاصوليا فى الاقليم المصرى تحتفى العقد الجذرية من على جذورها جزئيا أو كلية ، بالرغم من تلقيح بذورها بالعقدين ، والأبحاث جارية لمعرفة السبب .

وهنا تجب الإشارة إلى نتائج تجارب طه بقسم البكتريولوجيا الزراعية بكلية الزراعة بجامعة عين شمس . وقد أجراها على محصول العدس فى مناطق الإصلاح الزراعى فى الوجه القبلى . ووجد أن تلقيح البذور بالبكتريا العقدية قد أدى إلى زيادة المحصول ، كما أن إضافة النترات أدت إلى زيادة أخرى كما يتضح من النتائج الآتية :

	(١٩٦٠)	(١٩٥٩)	
أردب/فدان	٤٠٨	٤٠٨٦	عدم تلقيح
" "	٥٠٣	٦٠٣٠	تلقيح
" "	٥٠٨	٧٠٠٧	تلقيح + نترات

هذا وقد أجريت هذه التجارب فى أراضى خصبة باسنا تنتشر فيها زراعة العدس ، مما يدل على أن التلقيح يزيد المحصول حتى فى الأراضى الجيدة التى سبق زراعتها بالعدس ، كما أن إضافة النترات تزيد المحصول أيضا .

الباب التاسع

دورتي الكبريت والحديد وتحول بعض العناصر الأخرى

دورة الكبريت

Sulphur Cycle

يعتبر الكبريت عنصراً هاماً في تغذية النبات ، ويوجد في التربة (القشرة الأرضية) عموماً بنسبة ٠.١١٪ كذا يوجد الفوسفور بهذه النسبة . ويدخل الكبريت في تركيب النباتات عموماً ، ولكن نسبته تختلف باختلاف النبات إذ أن بعض النباتات يوجد بها الكبريت بنسبة عالية ، كما هو الحال في كثير من الصليبيات مثل الكرنب والقرنبيط وغيرها ، ويدخل الكبريت في تركيب بعض من الأحماض الأمينية مثل السيستين Cystine ، ويوجد الكبريت في التربة الزراعية كما يضاف لها على الصور الآتية :

١ - يدخل في تركيب المواد العضوية التي هي عبارة عن بقايا النباتات والحيوانات التي تضاف على هيئة سماد أو متخلفات من المحاصيل مثل جذور وأوراق وفروع هذه النباتات .

٢ - على هيئة كبريت يضاف إلى التربة الزراعية كسماد أو يسقط في مياه الأمطار .

٣ - على هيئة كبريتات مثل الأسمدة المحتوية عليها مثل السوبر فوسفات والجبس Gypsum .

٤ — يوجد الكبريت أيضا على الصورة المختزلة يدك في البراكين وفي الينابيع الكبريتية ، ولكن وجوده بهذه الصورة قليل ولا يتراكم حيث أنه سريع التأكسد في وجود الاوكسجين .

ويحدث للكبريت والمركبات الكبريتية عدة تغيرات كثيرة في التربة الزراعية نتيجة لفعل الميكروبات المباشر أو الغير مباشر .

تحلل الكبريت العضوى

تتحلل هذه المواد العضوية وينتج عنها في النهاية الكبريت الغير عضوى يدك ، وتشابه هذه الحالة عملية الذشدره بالنسبة للأزوت . وعادة تلاحظ الرائحة الكريهة التى تنتج من تحلل هذه المواد ، ويرجع سببها إلى يدك ، ويقوم بهذا العمل كثير من البكتريا الهتروثروفية .



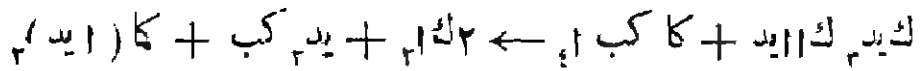
(شكل ٤٣)
بكتريا اختزال الكبريتات
دى سلفو فيرو . دى سلفيوريكنز
Desulfovibrio desulfuricans

تكوين يد كـ من الكبريتات

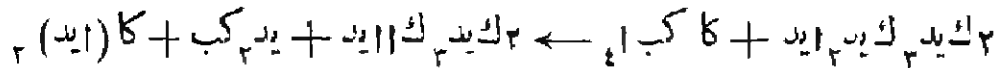
يتم ذلك باختزال الكبريتات بواسطة جنس *Desulfovibrio* الذي يؤكسد المادة العضوية مختزلاً الكبريتات ، مشابهاً في ذلك إختزال الأزوتات في دورة الأزوت. وتستطيع هذه البكتيريا إختزال الكبريتات والثيو كبريتات أيضاً . والبكتيريا غير هوائية حتماً . ويشاهد نشاطها غالباً في الطين في قاع البرك وعلى الشواطئ .

ونظراً لأن ماء البحر يحتوى نسبة كبيرة من الكبريتات فعملية إختزالها سبب هام في تحويل المادة العضوية إلى غير عضوية في قاع البحار . وتشاهد هذه الحالة في البحر الأسود حيث يحول قاعه إلى طبقة من الطين الاسود لاحتوائه على كبريتور الحديدوز

وفيما يلي التفاعل الذي يحدثه هذا الميكروب :



أو قد تجري البكتيريا أكسدة غير كاملة للكحول فشلا :



تجدر الإشارة أيضاً إلى أن *Clostridium nigrificans* المحب للحرارة

العالية يستطيع إختزال الكبريتات على درجة ٥٥°م ويسمى

ate -- reducing bacteria

أكسدة الكبريت

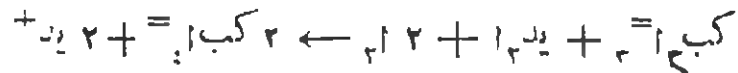
تقوم كثير من ميكروبات الكبريت بأ كـ إلى حامض كبريتيك وذلك بواسطة الميكروبات الأوتوتروفية لكي تحصل على الطاقة اللازمة لحياتها . ونتيجة الأكسدة هو تكوين أيون الايدروجين ، وعلى ذلك فإضافة الكبريت طريقة لمعالجة الأراضي القلوية .

ويمكن تقسيم هذه الميكروبات إلى مجموعتين :

١ - بكتريا الكبريت الهوائية غير الملونة

وهذه تنقسم قسمين :

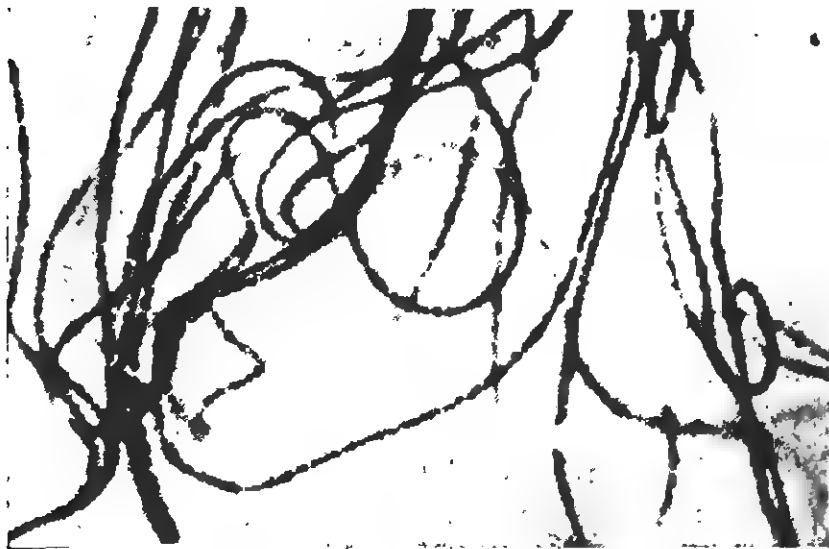
(١) **Thiobacillus** : ميكروبات صغيرة عصوية تشبه كثيرا ميكروبات جنس *Pseudomonas* . تؤكسد الكبريت خارج خلاياها وكذلك الثيوكبريتات إلى يدم كبا كما هو مبين في التفاعل الآتي :



ولا تخزن هذه البكتريا حبيبات الكبريت داخل خلاياها ،

وميكروب *Thiobacillus thiooxidans* من الميكروبات التي تتحمل حموضة عالية جداً ، وتسمى Aciduric حيث يتحمل الرقم الأيدروجيني ٣ ، ويستطيع أن ينمو في تركيز ٥ - ٧ ٪ حامض يدم كبا .

(ب) **Beggiatoa** . وهي ميكروبات كبيرة الحجم شريطية تقرب صفاتها من صفات البكتريا غير الحقيقية ، وتؤكسد يدم كبا إلى كبريت يترسب داخل خلاياها على شكل حبيبات ثم يتحول بعد ذلك بالأكسدة إلى يدم كبا ويختفي من الخلايا . وتتم هذه العملية في وجود الاوكسجين ويمثل بالتفاعل الآتي :

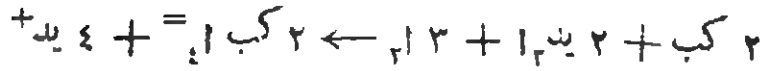


(شكل ٤٤)

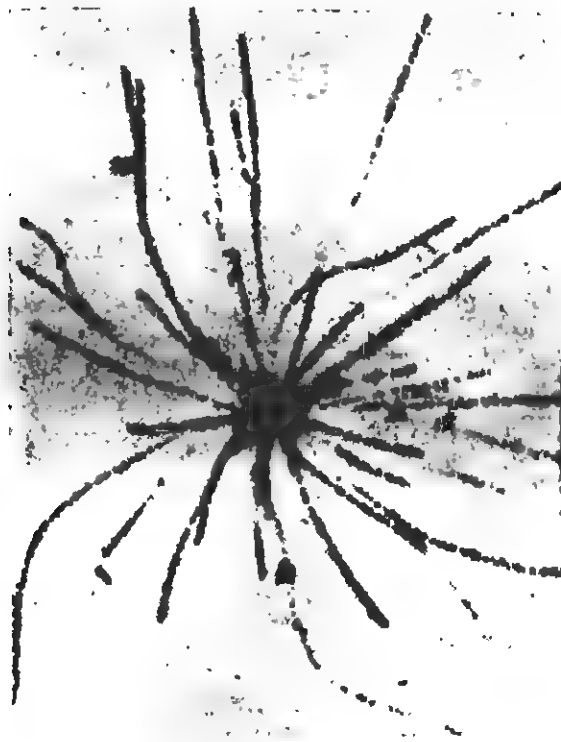
خلايا *Beggiatoa* وتشاهد فيها حبيبات الكبريت

جدول (١٩)
 Thiobacillus thiooxidans
 أكسدة الكبريت الى حامض الكبريتيك بواسطة بكتريا
 (عن واكسمان واستاركى)

زيادة الكبريتات بالمليجرام	اختفاء الكبريت بالمليجرام	المكتريا الكبريتات بالمليجرام	مزرعة ملقحة الكبريت بالمليجرام	المقارنة الكبريتات بالمليجرام	مزرعة الكبريت بالمليجرام	حجم الزرعة سم ^٢	فترة التحضين أيام
٢١٥٧	٢١٣	٢٠٢ ار١	٧٨٨	٨٦ و٤	١٠٠١	١٠٠	١٥
٢٦٣٥	٢٥٧	٢٥٤ و٠	٧٣٥	٩٠ و٥	٩٩٢	١٠٠	٢٠
٥٢٠ و٨	٥٠٦	٦٣٣ و٠	٢٤٩٦	١١٢ و٢	٢٠٠٢	٢٠٠	١٥
١٠٤١ و٥	١٠٢٣	١١٦٨ و٠	١٩٧٤	١٢٦ و٥	٢٩٩٧	٢٠٠	٢٠



وهذه البكتريا أوتوتروفية ، فتستعمل كإل مصدرأ للكربون وتكون منه مركبات في الخلية كالآتي :



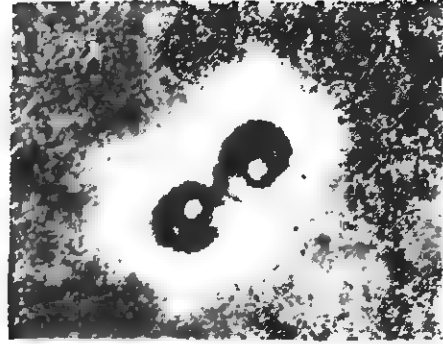
(شكل ٤٥)

خلايا بكتريا الكبريت Thiobacillus على شكل وردة بها حبيبات كبريت

وهناك ميكروب آخر مشابه للسابق وإسمه Thiobacillus شريطي أيضاً والخلايا غير متحركة ويحدث التكاثُر ، وتتحلل الخلايا الطرفية من الشريط وتعرف بالجونيديا Gonidia .

٢ — بكتريا الكبريت غير الهوائية الملونة Photosynthetic group

البكتريا هنا تحتوى على مراد ملونة يمكنها تمثيل الضوء ، وهى غير هوائية وتنقسم إلى قسمين :



(شكل ٤٦)
لاحظ حبيبة الكبريت في خلية بكتريا
الكبريت الأرجوانية

١ - بكتريا الكبريت الأرجوانية Purple sulfur bacteria .

توجد البكتريا في الينابيع الكبريتية ، وكذا في الارض التي يوجد بها طين أسود Black mud ، حيث يوجد دم لب . البكتريا عسوية أو حلزونية ذات فلاجلوم في الطرف تتبع عائلته Thiordaceae التابعة لفصيلة Pseudomonadales . يتراكم الكبريت في داخل الخلايا (شكل ٤٦) .

٢ دم كب + ك ١ ضوء ٢ كب + (ك دم ١) + ١ دم ١
٢ كب + ٣ ك ١ + ٥ دم ضوء ٢ كب ١ + ٣ (ك دم ١) + ٤ دم +
التفاعل العام : دم كب + ٢ دم ١ + ٢ ك ١ ضوء دم كب ١ + ٢ (ك دم ١)
وتجب الإشارة إلى أن هناك بكتريا أرجوانية غير كبريتية مثله للضوء ،
هذه الميكروبات حمراء قرمزية أو بنية اللون شريطية تختزل ك ١ على
حساب المواد العضوية أو الهيدروجين الجزئى :

١ - ك ١ + ٢ ك دم ١ + (ك دم ١) + ١ دم ١ + ٢ ك دم ١ ك ١ دم

٢ - ك ١ + ٢ دم ١ + (ك دم ١) + ١ دم ١

وهذه الميكروبات تحتاج إلى عوامل النمو المنشطة Growth factors

(ب) بكتريا الكبريت الخضراء Green sulfur bacteria

بكتريا عسوية صغيرة غير متحركة تتبع عائلة Chlorobacteriaceae

التابعة لفصيلة Pseudomonadales . حبات الكبريت في هذه الحالة تتكون خارج الخلايا والظاهر أن هناك علاقة بين الحجم وترسيب حبيبات الكبريت



(شكل ٤٧)
بكتريا الكبريت الأرجوانية وتحتوى على
حبيبات كبريت

ففي هذه الحالة الخلايا صغيرة ولا يمكنها استيعاب الحبيبات ، والتفاعلات تشبه ما يحدث في حالة البكتريا الأرجوانية .

المواد الملونة الميكروبيات الممثلة للضوء

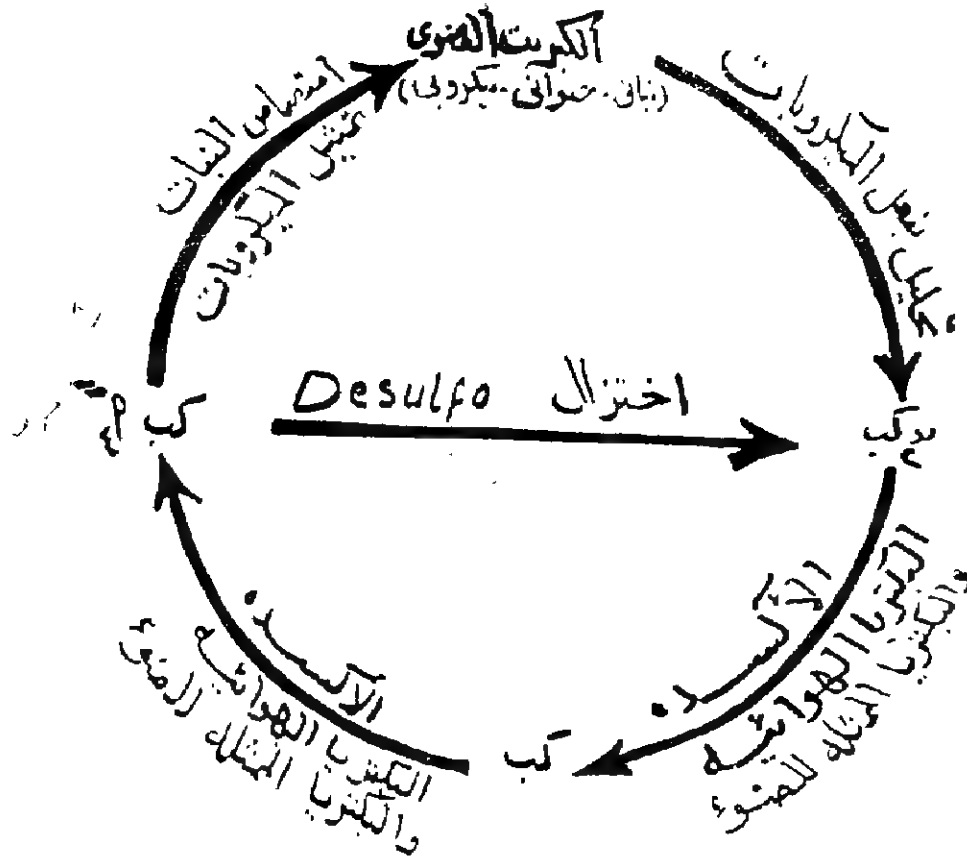
The Pigments of Photosynthetic bacteria

يرجع لون الميكروبات المذكورة التي تحصل على طاقتها من التمثيل الكربوني (الأوتوتروفية) إلى مادتين ملونتين :

١ - كلورفيل ميكروبي Bacterial Chlorophyl ، ويمكن استخلاص هذا النوع من الكلورفيل بواسطة كحول الإيثايل ، ولونه أخضر ويوجد في كل أنواع هذه الميكروبات ، ويشبه كلوروفيل النباتات الراقية (ذرة مغنسيوم محاطة بأربعة حلقات من بيرول) .

٢ — Carotinoids مواد يمكن استخلاصها بواسطة الكلوروفورم ، ولونها أحمر أو أصفر ، وتوجد في الميكروبات القرمزية .

دورة الكبريت



دورة الكبريت

(شكل ٤٨)

تبدأ الدورة بامتصاص النبات للكبريتات، فيتحول الكبريت من معدني إلى عضوي . وبعد موت الحيوان أو النبات أو الميكروبات ، تتحلل هذه تحت فعل الميكروبات إلى الكبريت المختزل في صورة دم كبر ، الذي تؤكسده البكتريا الهوائية غير الملونة وكذا البكتريا غير الهوائية المثلة للضوء إلى الكبريتات ثانية ، كما تتم عملية إختزال الكبريتات مباشرة إلى دم كبر بواسطة البكتريا غير الهوائية Desulfovibrio .

مقارنه بين دورتي الأزوت والكبريت

يلاحظ عند إستعراض دورتي الأزوت والكبريت تشابه كبير من عدة وجوه . وأوجه الشبه تتلخص في الآتي :

- ١ - النباتات مثلا تأخذ الكبريتات من التربة كما تأخذ الأزوتات .
- ٢ - كبريتور الأيدروجين يدم كـب في دورة الكبريت يماثل النشادر هـ يدم في دورة الأزوت .
- ٣ - أكسدة كبريتور الأيدروجين تماثل عملية التآزت في دورة الأزوت، كما أن إختزال الكبريتات تماثل من عدة نواح إختزال الأزوتات أنظر نسبة هـ/كـ) .

أما أوجه الخلاف فتتلخص في الآتي :

- ١ - يتكون حامض الأزوتوز كخطوة وسطية في عملية التآزت أما في دورة الكبريت فإن كبريتور الأيدروجين يتأكسد إلى كبريت .
- ٢ - الميكروبات التي تحدث عملية النشطرة مخالفة تماما للأنواع التي تحدث عملية التآزت، في أن الأخيرة أوتوتروفية بينما الأولى هتروتروفية. والميكروبات التي تنتج يدم كـب تختلف عن الميكروبات التي تنتج الكبريتات في أن الأخيرة أوتوتروفية بعضها محلل للمواد الكيماوية والبعض الآخر ممثلة للضوء، حيث تم العملية في هذه الحالة تحت الظروف اللاهوائية .
- ٣ - الكبريت لا يوجد في الجو كما يوجد الأزوت .

دورة الحديد

IRON CYCLE

يوجد الحديد في التربة على صورة مركبات مختلفة . وهو مادة أساسية في تغذية النباتات . ولو أن النباتات تحتاج إلى كميات قليلة منه إلا أنه من الصعب إعطاء النبات حاجته منه ، حيث أن أملاح الحديد غير قابلة للذوبان في الماء تحت الظروف القلوية أو المتعادلة . وهذه الظروف هي السائدة تقريبا في التربة الزراعية . وتلعب الميكروبات دوراً مباشراً أو غير مباشر في جعل مركبات الحديد في متناول النباتات .



(شكل ٤٩)

بكتريا الحديد الملففة Sphaerotilus natans

أما ميكروبات الحديد وأغلبها يقع تحت رتبة Chlamydobacteriales وهي من البكتريا غير الحقيقية ، فإنها تسبب ترسيب الحديد إذا ما مثلت مركباته القابلة للذوبان ، فمثلا تمثل هذه الميكروبات ح ك ا ، كربونات الحديدوز (القابلة للذوبان) مكونة ح (ا ب د) أيديروكسيد الحديدك ، الذي يترسب على الخلايا ليكون غلافا لها أو يترسب على غلاف الخلايا الأصلية

٤ ح ك ٣ + ٢ + ١ يد ٢ ← ٤ ح (ايد) ٣ + ٤ ك ١ + ٤٠ سعر
وتعتبر هذه الميكروبات أوتوتروفية وتسمى True Iron Bacteria
وتؤكسد الحديد ح⁺⁺ إلى ح⁺⁺⁺، وتقوم الميكروبات الهتروتروفية أيضاً
بأكسدة أملاح الحديد القابلة للذوبان بتكوين أيديروكسيد الحديد .

وحيث أن أيديروكسيد الحديد غير قابل للذوبان ، فإنه يترسب في
المحلول، كذلك تحت الظروف اللاهوائية فإن يد^٢ كب المتكون نتيجة لتحليل
البروتينات المحتوية على كبريت بواسطة ميكروبات التربة يتفاعل مع أملاح
الحديد القابلة للذوبان مكوناً ح كب الغير قابل للذوبان ويترسب في المحاليل،
والتفاعلات السابقة جميعاً ضارة بالنباتات حيث أن الحديد يترسب ويصبح
غير قابل للذوبان وبالتالي لا تستطيع النباتات امتصاصه .

تتكون في التربة الزراعية أحماض بواسطة التفاعلات البيولوجية التي
تحدث عادة بها نتيجة لفعل الميكروبات مثل يد^٢ ك^١ ، بد^٢ ك^١ ،
و أحماض عضوية أيضاً، وتساعد هذه الأحماض على تحويل أملاح الحديد الغير
قابلة للذوبان إلى أملاح ذائبة، ولكن هذا على وجه التحديد صحيح تحت الظروف
اللاهوائية (أى عدم توفر الأوكسجين) حيث يوجد الحديد في حالة حديدوز،
ولكن الميكروبات تستطيع أن تجعل الوسط في التربة أحياناً لاهوائياً
وذلك باستهلاك البكتيريا الهوائية للأوكسجين في بقع مختلفة من التربة نتيجة
للزاحم . كذا يمكنها تكوين الأحماض المعدنية والعضوية، وعليه فإنها تقوم
عن طريق غير مباشر بمد النباتات بما تحتاجه من عنصر الحديد .

أثر الميكروبات في

تحويل الفوسفور في الطبيعة إلى ما يلزم حاجة النبات

Transformation of Phosphorus

يضاف عنصر الفوسفور إلى التربة الزراعية باستمرار عن طريق تسميد

التربة بالأسمدة العضوية وبقايا النباتات مثل الجذور والأوراق المتساقطة .
كذلك عن طريق الأسمدة المعدنية مثل السوبر فوسفات .
وعادة يوجد الفوسفور في التربة على الوجه الآتى :

١ — فوسفور عضوى

يوجد فى بقايا النباتات والحيوانات التى تضاف للتربة باستمرار ، كذلك
فى ميكروبات التربة الزراعية التى وجد أن رمادها يحتوى على ٥٠٪ أو أكثر
فوسفور (فوم .) . ويكون الفوسفور العضوى جزءاً هاماً من دبال التربة
الزراعية . وتتراوح كمية الفوسفور الموجودة بالمواد العضوية بالتربة بين
٢٠ — ٣٥٪ من الفوسفور الكلى الموجود بالتربة .

Insoluble Phosphate

٢ — فوسفات غير قابلة للذوبان

مثل الفوسفات الصخرى وغيرها من مركبات الفوسفور الغير قابلة للذوبان ،
وتوجد عادة فى الصخور التى تكونت منها التربة الزراعية . كذلك تضاف على
هيئة أسمدة معدنية إلى التربة الزراعية مثل خبث المعادن كذا فى عظام الحيوانات .

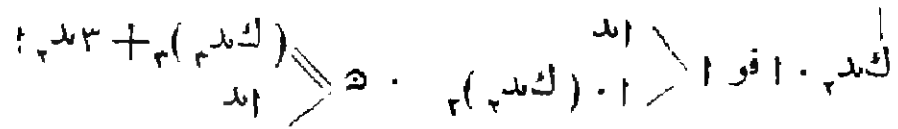
٣ — فوسفات معدنية قابلة للذوبان Soluble inorganic Phosphate

وذلك مثل فوسفات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم ،
تضاف إلى التربة على هيئة أسمدة أو فى الأسمدة العضوية المكونة من بقايا
النباتات والحيوانات .

ومن أهم أمثلة المواد الفوسفورية العضوية التى تجد طريقها إلى التربة
الزراعية عن طريق بقايا النباتات والحيوانات : اللسثين Lecithin ، والأحماض
النوية ، والفيتين Phytin فاللسثين يحتوى على ٩٣٠٪ فوم . ، ١٠٦٪
نيتروجين و ٦٥٣٦٪ كربون ، ويحتوى على حامضين دهنيين مثل حامض
البلمتيك والأوليبيك وتركيبه كالآتى :

كبد_٣ - ١ س

كبد - ١ س

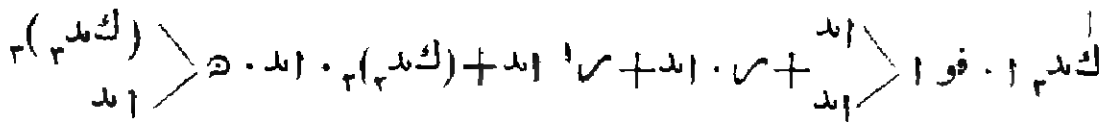


lecithin الليثين

↓ تحلل

كبد_٣ . اند

كبد اند



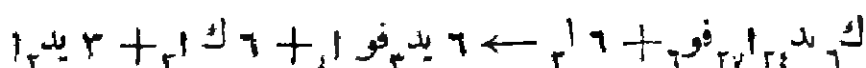
كولين
choline

حامضين دهنيين

حامض جليسر وفوسفوريك
Glycero-Phosphoric acid

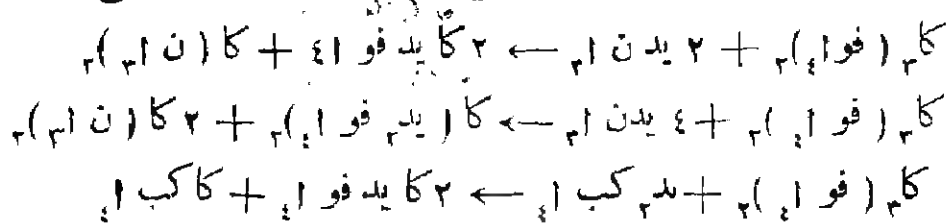
أما الأحماض النووية فتوجد بكثرة في أجسام الميكروبات .
ففي حالة توفر مصادر الكربون والنروجين، فإن البكتريا والفطريات
تستطيع أن تحلل الليثين والأحماض النووية وينتج عن ذلك تحول الفوسفور
العضوي إلى فوسفات . فلقد وجد أن ٦٦٪ من فوسفور الليثين يتحول
إلى فوسفات قابلة للذوبان في ٦٠ يوما . أما بقية الفوسفور العضوي فإن
البكتريا والفطريات تستعمله لتكوين خلاياها .

أما Phytin فهو فوسفات سداسية Hexaphosphate ، يوجد بكثرة
في الأنسجة النباتية خصوصاً في البذور . يحتوى على ٢٦٪ فوسفور على
هيئة حامض الفيتيك Phytic acid (كبد_٣ يد_٣ فو_٣) . وتقوم أنواع
كثيرة من البكتريا والفطريات بتحليله بواسطة أنزيم الفيتاز Phytase
فيتحول الفوسفور العضوي إلى فوسفات معدنية .



أما البروتينات النووية Nucleoproteins فإنها تحتوى على ٧ - ٩ ٪ فوسفور وعلى ١٣ - ١٤ ٪ نيتروجين . وعند تحليلها بالميكروبات فإنها تعطى حامض الفوسفوريك + سكر + يورين وبرايمدين . Pyrimidine + purine . وهذه المركبات تتحلل بدورها بواسطة أنواع أخرى من البكتيريا والفطر . فلقد وجدت أنواع خاصة من البكتيريا تعرف باسم مجموعة Nucleobacter متخصصة في تحليل النيوكلين Nucleins في الحامض النووي إلى حامض فوسفوريك . كذلك توجد مركبات مختلفة من الفوسفور العضوى مثل مركب Inosite Monophosphate (كـ يد ٣، ٩ فو) ، وبه جد عادة في الـ دة و تتحلل أيضاً إلى فوسفات .

الفوسفات الغير قابلة للذوبان والتي تضاف إلى التربة الزراعية كأسمدة تتحول عن طريق غير مباشر بفعل الميكروبات إلى الحالة الذائبة التي يستفيد منها النباتات . فمثلا الأحماض العضوية والغير عضوية التي تنتجها البكتيريا نتيجة لتحلل البروتينات والكربوايدرات ، وكذا نتيجة لعملية التآزت وأكسدة الكبريت وغيرها ، تتفاعل مع أملاح الفوسفات الغير قابلة للذوبان لتعطى فوسفات قابلة للذوبان وفيما يلي المعادلات التي توضح ذلك :



ولقد وجد بعض الباحثين أن تأثير الجذور في إذابة الفوسفات الغير قابلة للذوبان ضعيف ، بينما تلعب الميكروبات الدور الرئيسى في إذابتها ، ولا تخفى أهمية ذلك في إمداد النباتات بما تحتاجه من الفوسفات .

وكما ذكرنا أنه عند تحليل المواد العضوية المحتوية على فوسفور عضوى فإنه لا يتحول جميعه إلى فوسفات ، ولكن بعضا منه يبنى في أجسام الميكروبات لتكوين الخلايا الميكروبية . فإذا كانت هذه المواد العضوية فقيرة في

الفوسفور فإن ميكروبات التربة تتنافس مع النباتات في الحصول على فوسفات التربة الذاتية لاستعمالها في بناء خلاياها مشابهة في ذلك للنتروجين، إلا أن احتياج الميكروبات بالنسبة للفوسفات قليل عن احتياجها للنتروجين . وتوقف قدرة النبات على إمتصاص الفوسفات من التربة على عدة عوامل منها حجم المجموع الجذري، ومدى تعمق الجذور أو تغلغها في التربة . نفرز جذور بعض النباتات أحماض عضوية، كذا يوجد حول الجذور تركيز خاص من ثاني أكسيد الكربون نتيجة للتنفس، وهذه تؤثر عن طريق غير مباشر في إذابة الفوسفات الغير ذائبة. وتلعب خواص التربة أيضاً دوراً كبيراً في تحويل الفوسفات إلى الحالة الذائبة، فالتهوية ودرجة تركيز أيون الأيدروجين من أهم العوامل .

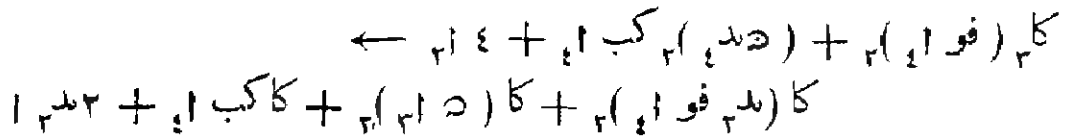
جدول (٢٠)

تأثير عملية التآزت لكبريتات الامونيوم في إذابة الفوسفات والكالسيوم من فوسفات الكالسيوم الثلاثية الغير قابلة للذوبان بمزارع سائله .

(عن داكسمان واستاركى)

نتروجين يؤكسد بالمليجرام	فوسفور قابل للذوبان بالمليجرام	كالسيوم قابل للذوبان بالمليجرام
٢٠٥٤	٤٠٠٨	٣٠٨٧
٣٠٨١	٥٠٠٨	٥٠٦٠
٤٠٨٨	١٠٠٢٠	١٨٠٤٠
٥٠٥٢	٩٠٥٦	١٤٠٨٠
٦٠٤٠	١٢٠٨٥	٢٢٠٠٠
٦٠٤٠	١٠٠٢٤	٢٣٠٥٢
٦٠٨٨	١٦٠٠٠	٣١٠٠٤

يلاحظ من الجدول السابق أنه ينشأ عن أكسدة النتروجين الموجود
بكبريتات الأمونيوم بفعل بكتريا التآزت أن يصير الفوسفور والكالسيوم
الموجودان بفوسفات الكالسيوم الثلاثية (الغير قابلة للذوبان) قابلين للذوبان،
ويتناسب ذلك طردياً مع كمية النتروجين المؤكسدة، ويرجع ذلك لتكوين
حامض النتريك الذي يرفع الحموضة فيذيب الفوسفور والكالسيوم، وعلى
العموم يمكن توضيح التفاعل الذي من شأنه جعل الفوسفور والكالسيوم
ذائبين بالمعادلة التالية :



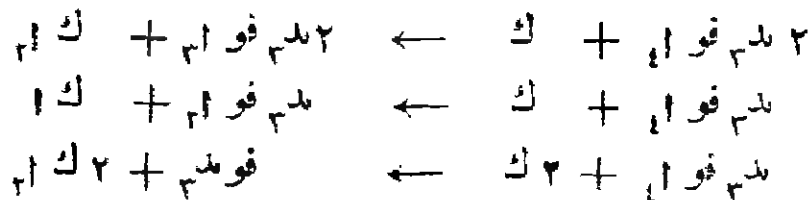
كما أن البكتريا تستطيع أن تختزل النترات والكبريتات، فبالقياس يمكنها
أيضاً أن تختزل الفوسفات. فالنترات تختزل بسهولة جداً، أما الكبريتات فإنها
تختزل بصعوبة عن النترات، أما الفوسفات فإنها تختزل بصعوبة أكبر من
النترات والكبريتات. ويتم ذلك تحت الظروف اللاهوائية في وجود المواد
الغذائية العضوية بكثرة، فاذا وجدت الفوسفات بكثرة وكذا وجدت
البكتريا الخاصة بهذا التفاعل فإن الفوسفات تختزل إلى :

Phosphite (سد ٢ فو ١)

Hypophosphite (سد ٢ فو ١)

Phosphine (سد ٢ فو)

ويمكن توضيح التفاعل في المعادلات الآتية علماً بأن ك تشير إلى
الكربون بالمواد العضوية:



وأهمية هذه التفاعلات في التربة المزروعة غير معروفة ، ولو أنه يعتقد أن الظروف المحيطة بمثل هذه التفاعلات قد لا تتوافر جميعها بالتربة المنزرعة .

طريقة تقدير الفوسفات بالتربة :

يحضر مستخلص التربة باستعمال مذيب مناسب ، مثل حامض الستريك أو الخليك أو فلوريد الأمونيوم ، ثم تقدر كمية الفوسفات في المستخلص كيمياويا . ومن الطرق البيولوجية المستعملة في تقدير الفوسفات زراعة بذور الشوفان بالتربة المراد تقدير الفوسفات بها ، ثم تقدير الفوسفات في البادرات الناتجة ، أو باستعمال البكتريا التي تحتاج إلى فوسفات مثل الأزوتوبكتريا أو الفطريات مثل الأسبرجلس *Aspergillus* ويجرى ذلك كالآتي : —
يؤخذ قدر معلوم من التربة المراد تقدير الفوسفات بها ، ثم تضاف إلى بيئة تحتوي على أملاح معدنية خالية من الفوسفات والنيتروجين وسكر . ثم تلقح بميكروب *Azotobacter chroococcum* ، ثم توضع في الحاضن على درجة ٢٨° لمدة ١٤ — ٣٠ يوم ، ثم تقدر كمية النيتروجين المثبتة ومنه يمكن تقدير الفوسفات ، حيث أن النسبة بين النيتروجين المثبت إلى الفسفور المثبت في الخلايا ٢ : ١ ، ومنه يمكن تقدير الفسفور كميا في الجرام الواحد من التربة المستعملة :

في حالة استعمال الفطريات تستخدم الطريقة السابقة الذكر ، ولكن يضاف النيتروجين للبيئة ، ثم تقدر كمية النور من الفطر ، ومنه يمكن تقدير الفوسفور بالتربة .

تحويل البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والحديد إلى مايلأنهم حاجة النباتات .

تلعب الميكروبات أيضا دوراً مباشراً أو غير مباشر في تحويل مركبات هذه المعادن إلى الصورة الصالحة لتغذية النباتات . كما أن مركبات هذه المعادن هامة لتغذية ميكروبات التربة ، فتستعملها كمواد غذائية أو

كعوامل مساعدة، وفي الحالة الأخيرة تستعمل منها كميات ضئيلة. وتحويل هذه المعادن إلى الصورة الصالحة لتغذية النبات يتوقف على عدة عوامل مثل نوع الميكروبات وخواص التربة الكيماوية والطبيعية .

البوتاسيوم :

يوجد هذا العنصر بالتربة الزراعية في المركبات العضوية وفي المعادن على صورة Zeolitic and Monzeolitic Silicates ، وتضاف للتربة الزراعية على صورة مركبات غير عضوية قابلة للذوبان كأملاح الكبريتات والكلوريد وفوسفات، أو على صورة مركبات معدنية غير قابلة للذوبان نعرف باسم Marl ، أو في صورة عضوية كأسمدة بلدية أو بقايا النباتات . وتحتوى بقايا النباتات على ٠.٢ - ٠.٥ ٪ على هيئة بوم ١، أما الأسمدة العضوية الحديثة فإنها تحتوى على ٠.٢٨ - ٠.٥ ٪ على هيئة بوم ١، ويحتوى رماد البكتريا على ٤ر - ٢٥ر٦ ٪ ورماد الفطريات على ٨٧ر - ٣٩ر٥ ٪ بوتاسيوم على هيئة بوم ١.

وتلعب ميكروبات التربة الزراعية دورا هاما في تحويل البوتاسيوم إلى الصورة التي يستفيد منها النبات ، وذلك عن طريق مباشر أو غير مباشر، بتحليل المواد العضوية كأسمدة العضوية وبقايا النباتات ، وكذلك بتكوين الأحماض التي تتفاعل مع Zeolites ، فيتكون مركبات البوتاسيوم القابلة للذوبان . فالأرثوكلاز Orthoclase يتفاعل مع هذه الأحماض مكونا أملاح البوتاسيوم القابلة للذوبان .

نجد في

لوم ١.٠ بوم ١.٠ س ١.٠ + ٤ بوم ١.٠ ← لوم (ك ١.٠) + ٢ بوم ١.٠ + ٦ س ١.٠ + ٤ بوم ١.٠
لوم ١.٠ بوم ١.٠ س ١.٠ + ٢ (بوم ١.٠) ← لوم ١.٠ كا ١.٠ س ١.٠ + ٢ بوم ١.٠
قد تخزن مركبات البوتاسيوم وذلك بتشكيل الميكروبات لها، وعندما تموت هذه الميكروبات وتحلل وترجع للتربة ثانية أملاح بوتاسيوم على الصورة الصالحة لتغذية النبات . ويتوقف تركيز البوتاسيوم بالتربة

الزراعية على عدة عوامل منها الصورة التي عليها البوتاسيوم ، وخواص التربة الطبيعية كالحوضة مثلا ، ووجود مواد عضوية بالتربة ، ونشاط ميكروبات التربة وأنواعها .

وقد تستعمل الأزوتوبكتري وفطر الاسبرجلس نيجر لتقدير تركيز البوتاسيوم بالتربة الزراعية كيميا . ولقد وجد أن البوتاسيوم يوجد بالتربة بتركيز من ٢ — ٣٠ ٪ من التركيز الكلي على الصورة الصالحة للنبات .

جدول (٢١)

التقدير الكمي للبوتاسيوم بالأراضي باستعمال فطر الاسبرجلس نيجر
Aspergillus niger (عن واكسمان واستاركى)

رقم التربة	كمية البوتاسيوم بالتربة . مقدرة بطريقة الاستزراع بالمليجرام	وزن هيفات الفطر بالمليجرام
١	٧٧٧٧	٠.٨٢
٢	١١٧٩٨	٠.٩٤
٣	١٢٧٢٧	١.١٩
٤	١٠٧١٣	١.٢١
٥	١٨٧٠٠	١.٤٢
٦	١٨٧٠٠	١.٤٦
٧	٢١٧٧٣	١.٦١
٨	٢٥٧٩٩	١.١٠
٩	٣١٧٧٣	٢.٣٤
١٠	٣٥٧٨٩	٢.٠٢
١١	٤٤٧٨٩	٣.٣٠
١٢	٧٨٧١٢	٥.١٠

في هذه الطريقة تحضر بيئة خاصة بالفطر توضع في دوارق مخروطية ، وهذه البيئة خالية من البوتاسيوم ولكن غنية بالفوسفات ، يلقي بها الفطر

بعد أن يضاف إليها كميات مختلفة من البوتاسيوم ثم يقدر وزن هيفات الفطر بعد فترة التحضين ويعرف ما يقابلها كميا من البوتاسيوم .

بنفس الطريقة يضاف إلى البيئة كمية معلومة من كل تربة يراد تقدير البوتاسيوم بها كميا، ويقدر وزن الفطر بكل منها بعد فترة التحضين، ويقارن بما يقابله في التجربة الاستكشافية السابقة ، ومنه يقدر كمية البوتاسيوم بعينة التربة .

يلاحظ من الجدول السابق أنه يتناسب وزن هيفات الفطر طرديا مع كمية البوتاسيوم الموجودة بالأراضي .

الكالسيوم والمغنسيوم :

وهما من العناصر الأساسية اللازمة لتغذية ميكروبات التربة الزراعية ، وبالإضافة إلى ذلك فإنهما يعملان كمواد منظمة buffering substances لمعادلة الأحماض العضوية والغير عضوية التي تتكون بالتربة الزراعية .

الحديد :

يتحول في التربة إلى مركبات مختلفة نتيجة لفعل الميكروبات ، وهو عنصر هام لتغذية الميكروبات . وتستطيع بكتريا خاصة أكسدة مركبات الحديد وزالي الحديدك . كما سبق شرح ذلك (أنظر بكتريا الحديد) ، وتحصل الميكروبات من عملية الأكسدة هذه على الطاقة اللازمة لها .

٢ ح ك ب ١ + ٢ ح ك ١ + ١ ح ٢ (د) + ٢ ح ك ب ١ + ٢ ح ك ١
يتفاعل الحديد مع مركبات الدوبال مكونا ما يعرف باسم هيومات الحديد iron humates ، وفي هذه الحالة يكون صالحا لتغذية النبات في الأراضي القلوية ، إذ أنه لا يترسب في هذه الحالة على هيئة أملاح الفوسفات الغير عضوية .

احتياجات ميكروبات التربة من العناصر النادرة :

تعمل المعادن النادرة كالموليبدنوم والنحاس والزنك والكوبلت واليورن وغيرها كعوامل مساعدة لنشاط ميكروبات التربة الزراعية المختلفة . فالموليبدنوم عنصر ضروري في تثبيت النتروجين في التربة بواسطة الأزوتوبكتريا ، حتى أنه قد تستعمل الأزوتوبكتريا للتقدير الكمي لهذا العنصر بالتربة . أما البورون فهو عنصر هام لنمو ميكروبات العقد الجذرية التي تعيش على جذور البقوليات ولو أن الكثير منه يضر بها . أما النحاس فهو عنصر هام لعدد كبير من ميكروبات التربة الزراعية ، ولو أن الزيادة منه كذلك تضر بها . أما الزنك والكوبلت فانهما يدخلان في تركيب بعض الانزيمات والفيتامينات . والزنك يساعد على نمو الفطريات ولكنه يحبط تكوين الجراثيم .

الباب العاشر

الآسمدة العضوية وأهميتها

مقدمة :

الآسمدة العضوية هي ما ترجع في أصلها المباشر إلى فضلات الحيوان أو النبات، كالسباخ البلدى وسماد المجارى والسبلة وزبل الحمام وسماد الدم المجفف وسماد قمامة المدن . . . أخ .

ويذكر أبو الفضل (١٩٥٦) أن هذه المخصبات لا غنى عنها مطلقاً ، فهي تحتوى على المواد العضوية التى تتحلل فى الأراضى الزراعية وتندمج بها مكونة ما يعرف بالدبال، الذى يحسن الخواص الطبيعية والكيميائية والحيوية للأراضى، ويزيد من إنتاجها، وتتميز الرقعة الزراعية الحالية - مع ماضيها البعيد - بفقر واضح من محتوياتها العضوية، حيث لا تزيد نسبتها عن ٢٪ إلا فيما ندر ، ويرجع ذلك إلى قلة المخصبات العضوية عندنا ، وقد ترتب على ذلك تخلفنا عن أقطار كثيرة فى مستوى إنتاج بعض المحاصيل ، وذلك رغم التجائنا إلى التسميد الكثيف بالآسمدة المعدنية الأصل ، وخاصة الآسمدة الأزوتية كنترات الصودا والجير وسلفات النشادر . وتقدر حاجة هذه الرقعة من المخصبات العضوية بما لا يقل عن ١٢٠ مليوناً من الأمتار المكعبة سنوياً ، ~~التي~~ أضفت إليها حاجة الرقعة الزراعية الداخلة فى مشروعات التوسع الزراعى العاجل والآجل ، لبلغت حاجتنا نحو ٢٢٠ مليوناً ، لا يوجد منها الآن إلا نحو ٧٥ مليوناً . أما السبيل إلى سد احتياجاتنا من هذه المخصبات فهو تحسين السباخ البلدى عن

طريق العناية بتحضيره وتخزينه ، وإنتاج شبيه له بتخمير فائض البقايا النباتية كالتبن والاحطاب والقش ، وتحويل قمامة المدن جميعها إلى سماد ، والانتفاع بمخلفات المجازر من الدم واللحم غير الصالح للإستهلاك الغذائى ، وكذلك متخلفات المدايق والأسواق بتحويلها إلى أسمدة عضوية مركزة ، وتعميم مشروعات المجارى بالمدينة للاستفادة من براز الإنسان الغنى بالمواد العضوية والأزوت . وإذا لم يكف كل هذا لمواجهة العجز فى ميزاننا التسميدى العضوى فيمكن استخدام السماد الأخضر وهو المحصول البقولى الذى يزرع فى الأرض ثم يحرق فيها قبيل الإزهار ، وكذلك استخدام فائض بذرة القطن المقشورة وغير المقشورة ، وزرق الطيور والدواجن وغير ذلك ، فضلا عن استخدام الطين والماروج والكفرى ، وخاصة فى الأراضي الرملية ، لتوفير ما يحتاج إليه من أسمدة عضوية .

وتحويل مخلفات المدن على اختلاف أنواعها إلى أسمدة عضوية يعتبر وسيلة من وسائل القضاء على خطرهما الصحى ، كما يعتبر خطوة فى طريق تصنيع البلاد ، والحد من البطالة ، فضلا عن أنه يشجع التعمير .

ولقد أوضح أحمد رياض (١٩٥٨) ما للأسمدة العضوية من مكانة فى إقليمنا لا يسبقها فيها إلا ماء الرى ، وذكر أن العجز الحالى منها لا يقل عن ٧٠ مليوناً من الأمتار المكعبة ، وتستغل أغلب مصادر الأسمدة العضوية عندنا استغلالا معيبا من الوجهتين الكمية والنوعية ، أو إحداهما ، مثل السباح البلدى ، والمواد البرازية ، ومخلفات المجازر العامة ، والمخلفات الزراعية ، وكماشة المدن والأسمدة الخضراء وأعشاب الشجر ونفايات المصانع المتعددة .

كما تقدم يتضح مما للأسمدة العضوية من عظيم الأهمية ، لذا تجب العناية بإنتاجها وتصنيعها ، فهى تحتوى على المواد العضوية إلى جانب مقادير متفاوتة من العناصر الأساسية لتغذية النباتات مثل الأزوت والفسفور والبوتاسيوم ، علاوة على بعض العناصر الأخرى .

وللمواد العضوية — حتى تحملت ثم اندمجت في التربة على صورة «دوبال»
مزايا عديدة هي :

(أ) تبنى قوام الأرض الرملية وتسبب تماسك الأرض الخفيفة
وتفكيك الثقيلة .

(ب) تحتفظ بدفع التربة للإنبات والنمو .

(ج) تجعل التربة قادرة على الاحتفاظ بمائها فيمكن إطالة فترات
ما بين الري .

(د) تعد مخزناً للأغذية النباتية المدخرة التي تخرج منها شيئاً فشيئاً على
أصالح صورة تلائم المزروعات بانحلالها التدريجي البطيء .

(هـ) تعتبر مهبطاً للميكروبات النافعة التي تلعب دوراً هاماً في
خصوبة التربة .

أما الأسمدة الكيميائية فهي التي تحتوى على عنصر واحد أو أكثر من
عناصر الآزوت والفسفور والبوتاسيوم فقط ، وهي تعتبر مكملات للأسمدة
العضوية ولا يمكن أن تحل محلها .

وسنتكلم فيما يلي عن السباخ البلدى والسماد البلدى الصناعى لاتصالهما
المباشر بالأعمال الزراعية .

أولاً — السباخ البلدى Farm Yard Manure

للسباخ البلدى كما هو مذكور بالعجالة ١١١ لوزارة الزراعة (١٩٥٦) مكانة
كبيرة في الزراعة المصرية ، ورغم أنه أهم الأسمدة المستعملة إلا أنه فقير في
تركيبه وخصوصاً في المادة العضوية والآزوت ، حيث يحتوى النوع الجيد منه
على نحو ١٠٪ مادة عضوية و ٣٥٪ آزوت كلى . أما ما يحتويه السباخ البلدى

العادي فدون ذلك في الغالب . ويرجع هذا الفقر إلى الأخطاء العديدة الشائعة أثناء تحضيره وتخزينه كذا استعماله ، ومن واجبتنا القضاء عليها لنعمل على رفع خصوبة أراضينا وزيادة مستوى إنتاجها من المحاصيل المختلفة .

تركيب السباخ البلدى :

يتركب السباخ البلدى من ثلاثة أجزاء رئيسية وهى الروث والبرل والفرشة :

١ - الروث : وهو الجزء غير المهضوم من غذاء الحيوان ، ويختلف تركيبه باختلاف نوع الحيوان وعمره والعمل الذى يؤديه وكذلك نوع العلف الذى يتناوله ومقداره ، وكثيراً ما يضطر الفلاح إلى إستعمال الروث المجفف وقوداً (جلمة) ، وهذا من العوامل المسببة لفقر السباخ البلدى فى نوعه ، ولو أن أزوت الروث فى أغلبه غير صالح لتغذية النباتات مباشرة ، إلا أن كمية المادة العضوية وما يرتبط به من مزايا لا يمكن الاستهانة بها ، وقد يكون من الممكن الاستعاضة عن الجلمة فى الحريق بحطب القطن والذرة وأفرع الأشجار وغيرها .

٢ - البول : يختلف تركيبه أيضاً باختلاف الحيوان وعمره والمجهود الذى يؤديه ، وأهم العناصر الموجودة فى البول هى الآزوت والبوتاسا وكلاهما صالح لتغذية النباتات مباشرة .

٣ - الفرشة : توضع الفرشة تحت البهائم لراحتها وامتصاص بولها وروثها وإضافة القليل من العناصر الغذائية الموجودة بها إلى السباخ الناتج . والفرشة المعتاد استعمالها هى التراب ، وقليل ما يستعمل تبين الفول أو البرسيم أو قش الأرز ونحوها مع التراب ، وأن عدم إهتمام الزراع بإضافة الفضلات النباتية إلى الفرشة يسبب انحطاط نوع السباخ البلدى خصوصاً فى مادته العضوية . وتحدث فى مكونات السباخ عدة تفاعلات كيميائية بمعاونة البكتائيات الحية

الدقيقة المختلطة ، وتبدأ هذه التفاعلات في الزرائب وتستمر إلى حد أكبر أثناء التخزين وتنتهي في الأرض الزراعية .

تحضير السباح البلدى :

فيما يلي ما يجب أن تكون عليه عملية التحضير :

١ — يراعى أن تكون أرضية الزرائب من مادة لا تنفذ منها السوائل ، كأن تكون من الاسمنت أو على الأقل مدكوكة دكا جيداً لا يسمح لها بتسرب سوائل السماد الثمينة ، وبذلك تبقى لتمتصها الطبقة التالية من الفرشة .

٢ — يراعى أن يكون التراب (الشرب) المستعمل كفرشة جافاً ناعماً خالياً من الأملاح ، وبكمية كافية لامتصاص جميع البول وسوائل الروث . ومن المفيد جداً أن يخلط هذا الشرب بمقدار النصف من قش الأرز أو تبين الفول والبرسيم أو تبين القمح والشعير الغير صالح للإستهلاك الغذائى وكذا الأحطاب وأوراق وسوق المرز مقطعة قطعاً صغيرة ، بحيث لا تزعج الحيوانات ونسمح بسرعة التحلل وانتظامه ، ولا ينصح باستخدام قش الأرز وغيره من الفضلات النباتية بمفردها كفرشة ، إلا في حالات الضرورة القصوى لأن قدرتها على امتصاص البول أقل من التراب .

٣ — ينبغى أن يترك السباح في الزرائب تحت أرجل المواشى لأطول وقت مستطاع ، حتى لا يتعرض الآزوت إلى الفقد بالتطاير في صورة نواشدر ، وهو ما يحدث حتماً في حالة إخراج السباح من مكانه كل بضعة أيام .

خزن السباح البلدى :

الغرض عادة من خزن السباح البلدى هو الاحتفاظ به لحين الحاجة إلى استعماله مع المحافظة على عناصره السمادية إلى أقصى حد مستطاع ، وأعدى عدو للسباح البلدى هو تعريضه للمؤثرات الجوية (الشمس والرياح) ، التي

تؤدي إلى سرعة تأكسد مادته العضوية وضياع الآزوت منه على صور مختلفة. أهمها النشادر — وفيما يلي ما يجب أن يتبع في خزن السباخ :

١ — يختار الموقع المناسب للتخزين بحيث يكون قريباً من الزرائب مع تجنب الأرض الواطئة وتلك أرضيته جيداً .

٢ — يتقطع السباخ من الزرائب وينقل إلى الموقع مع تجنب نشره على حالة طبقات رقيقة بل تكوم القطعة الواحدة بارتفاع لا يقل عن ٢ متر، وهكذا حتى يتم إنشاء كومة مناسبة لتلوها كومات أخرى بنفس الكيفية .

٣ — يراعى حماية الكومات من الحرارة والأمطار والرياح بأكياس من الخيش السميك أو القش أو بتعريضه مع ترطيبه بالماء من آن لآخر وخاصة في أشهر الحرارة الشديدة .

ملحوظة :

يمكن ترك السباخ تحت أرجل المواشى بالزرائب لمدة طويلة قد تصل إلى ستة شهور ، وذلك إذا تيسر رفع العلف على المداود رفعا وقتياً كئلازم الأمر بواسطة ألواح من الخشب أو نحوها ، وتعرف هذه الطريقة (بطريقة الاسطبل الخازن) ، وهذه لاتصلح بالطبع لمواشى اللبن والخيول لاعتبارات صحية ، كما يمكن خزن السباخ في غرف أو حفر تحت الأرض بمواصفات وخطوات معينة ، وخاصة إذا كان نظام الزرائب يسمح بتجميع كل من البول والروث على حدة .

إستعمال السباخ البلدى :

الطريقة المثلى لاستعمال السباخ البلدى، هي أن ينثر على الأرض ثم يحرق فيها مباشرة ، إما تكويمه في كومات مبعثرة بالحقل أو نثره على الأرض وتركه مدة طويلة قبل الحرق معرضاً للشمس والهواء نخباً كبير ينبغي تجنبه .

جدول (٢٢)

معدل الاستفادة من سباح حرث مباشرة بالأرض وسباح كوم في كومات وترك لمدة مختلفة

رقم القطعة	المعاملة السبادية	نسبة الحصول %
١	سباح نثر على الأرض وحرث بها مباشرة	١٠٠
٢	سباح نثر على الأرض وترك مدة يومين ثم حرث بها	٧١
٣	سباح كوم بالأرض لمدة ٢ يوم قبل أن ينثر ويحرث	٨٠
٤	سباح نثر على الأرض لمدة ١٤ يوم قبل أن يحرق بها	٤٩
٥	سباح كوم بالأرض لمدة ١٤ يوم قبل أن ينثر ويحرث بها	٥٣

محتويات السماد البلدى من الميكروبات :

تشمل إفرازات الحيوانات مراد سائلة ومواد صلبة ، وفي كاهما ميكروبات يمكنها تحليل هذه المواد ، ولقد وجد أن محتويات المواد الصلبة من الميكروبات يصل إلى خمس وزنها تقريباً ، وبالعدد يصل ذلك ٢٠٠.٠٠٠ إلى ٤٠٠.٠٠٠ مليون/جرام ، أما المواد السائلة فمحتوياتها من الميكروبات قليل نسبياً (١ — ٣ مليون/جرام) .

وتختلف محتويات السماد البلدى من الميكروبات تبعاً لعوامل كثيرة منها التركيب والعمر وغيرها . فكما سبق القول أن المادة الطازجة للسماد تحتوى على الميكروبات ، وهذا العدد يزداد مباشرة عند إضافة المواد الصلبة (الروث) للبول والفرشة ، وهذه الزيادة تستمر عدة أسابيع أو شهور ، إلى ذلك نقص في العدد . وإليك نتائج بعض التجارب التى أجريت وثبتت هذه الزيادة :

١ — أجرى عد الميكروبات بالمليون فى جرام واحد فى مواد طازجة فكان :

روث ٣٩٠ - ٤٨٠ ، بول ١ - ٢ ، قش ٣ - ١٩

٢ - خلطت المواد السابقة كما يحدث عند عمل السماد البلدى ، وهذه النسبة تعادل ٧ روث : ١ ١/٤ بول : ١ قش ، وحفظت لمدة ٦ أسابيع على درجة ٢٠م ، وأجرى عد الميكروبات بالمليرون فى الجرام فكان :

روث + قش ٤٨٠٠ - ٥٧٠٠

روث + بول + قش ١١٠٠٠ - ١١٦٠٠

بول فقط ٣

يرى من ذلك أن خلط المواد إلى بعضها يؤدى إلى زيادة عدد الميكروبات عما لو ترك الروث فقط أو البول فقط .

ولقد عملت عملية حسابية ، فوجد أن ١٠٠ رطل سماد بلدى تحتوى تقريبا ١ - ١٢ رطل ميكروبات حية ، وعلى هذا الأساس عند اضافة ١٥ طن سماد بلدى إلى الفدان ، فإن هذا معناه أنك أضفت إليه مالا يقل عن ٣٠٠ - ٤٥٠ رطل ميكروبات حية ، هذا بالإضافة إلى ٦٠٠٠ رطل مادة عضوية . يستنتج من هذا أن الظروف الحيرية للتربة قد تأثرت بإضافة السماد البلدى .

ووجود المادة العضوية فى السماد يشجع نمو الميكروبات فيه ، وتتأثر مجموعات الميكروبات المختلفة كما يلى :

١ - تتعاون البكتريا غير الهوائية مثل *Bacillus putrificus* مع البكتريا الهوائية مثل *Ps. fluorescens*, *Proteus* وغيرها فى تحليل البروتين والمواد الأزوتية الأخرى .

٢ - *B. pasteurii* وغيرها تحول اليوريا إلى أمونيا .

- ٣ — تحليل المواد السكرية بإيدراتية بيكتريا حامض البيوتريك والبيكتريا المتجزمة الهوائية ومجموعة القولون وغيرها .
- ٤ — تحليل المواد البكتينية والسليولوزية بواسطة البيكتريا الهوائية وغير الهوائية .
- ٥ — توجد في السماد البيكتريا الهوائية وغير الهوائية المثبتة للأزوت
- ٦ — يوجد بالسماد *Actinomyces* والخميرة والفطر .
- ٧ — من المحتمل وجود الميكروبات المرضية في كومة السماد مثل ميكروب السل وميكروب التهاب الضرع وميكروب الحى القلاعية . وهذه قد تستمر حية ولذا يمكن أن يكون هذا مصدر للعدوى .

جدول (٢٢)

التركيب الكيماوى لبعض الاسمدة العضوية المختلفة
(عن Jenkins)

تركيب المادة الجافة

السباخ	الرطوبة	النروجين	فوسفور	بوتاس
	%	%	%	%
المواشى	٨٠	١٥٦٧	١٥ ١	٥٥٦
الخيول	٧٥	٢٥٢٩	١٥٢٥	١٥٣٨
الأغنام	٦٧	٣٥٧٥	١٥٨٧	١٥٢٥
الخنازير	٨٢	٣٥٧٥	٣٥١٣	٢٥٥٠
الدواجن	٥٦	٦٥٢٧	٥٥٩٢	٣٥٢٧
الحمام	٥٢	٥٥٦٨	٥٥٧٤	٣٥٢٣

جدول (٢٤)
التركيب الكيماوى لبعض الاسهولة العضوية الحديثة (Fresh)
(عن واكسمان)

المحتويات الكيماوية	سبخ الاغصام يشمل الجزء الجاف والرطب %	سبخ الخيول يشمل الجزء الجاف %	سبخ المرثى يشمل الجزء الجاف والرطب %
المواد القابلة للذوبان فى الاثير	٢٥٨	١٥٩	٢٥٨
المواد القابلة للذوبان فى الماء البارد	١٩٠٢	٢٠٢	٥٠٠
الرواسب العضوية القابلة للذوبان فى الماء الساخن	٥٢٧	٢٤٤	٥٣٣
الهميسليولوز	١٨٥٥	٢٣٥٥	١٨٥٦
الستيلولوز	١٨٥٧	٢٧٥٥	٢٥٥٢
الاجنين	٢٠٥٧	١٤٥٢	٢٠٥٢
البروتين السكلى	٢٥٥٥	٦٥١	١٤٥٩
الرماد	١٧٥٢	٩٥١	١٣٥٠

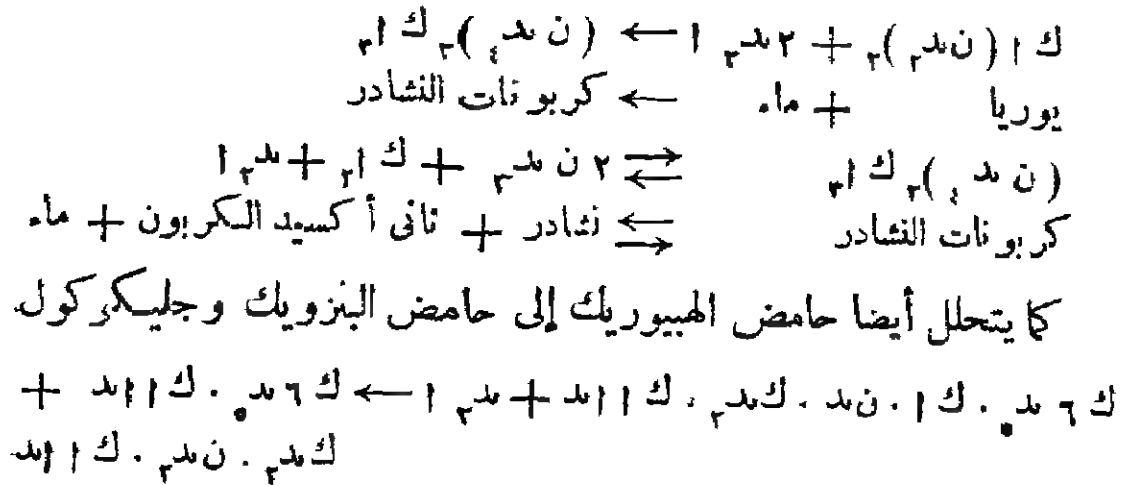
نضج السماد :

هناك اعتقاد بأن إضافة السماد مباشرة للأرض بدون نضج أفضل من إضافته وهو ناضج، وذلك للفقد في العناصر الغذائية الذي يحدث أثناء التخزين، وهؤلاء يرون أن هذه العملية مفيدة إذا كانت الإضافة قبل زراعة المحصول بحوالي ٦-٨ أسابيع، وإلا كانت الإضافة ضارة لأن البكتيريا في هذه الحالة تستهلك النترات والأمونيا الموجودة في التربة ، فيحدث حينئذ نقص في الأزوت اللازم للنبات ، وعلى العموم فإن مدة عدة أسابيع لازمة لنضج السماد قبل أن يستفيد منه النبات .

وإذا لم تراعى الشروط في تخزين السماد فإن الفقد في المواد الصلبة قد يصل إلى ٥٠-٧٠ ٪ من الوزن الجاف، إنما تحت شروط التخزين العادية فإن الفقد قد يصل من ٢٠-٣٠ ٪ من المواد الجافة ، ونسبة السكر بوايدرات الذائبة قليلة في السماد إنما هي أسرع المرات تحللاً . يلي ذلك في التحلل المواد البكتينية، أما السيلولوز فهو مقاوم للتحليل . ويزداد الفقد من أربعة إلى ثمانية أمثال الفقد في المراد الصلبة عند الدرجة ٣٥° عما لو تم عند ١٥°م. وبما أن الحرارة تنتج في كومة السماد فعلى هذا الأساس يجب أن تجعل الكومة رطبة باردة . ونتيجة للتحليل تتكون أحماض عضوية مثل حامض البيوتريك ويظهر هذا الحامض وغيره من الأحماض بوضوح إذا كانت عملية الذئذرة سائرة ببطء. وتزداد في المرحلة الأولى للتحلل البكتيريا المحللة للسيلولوز .

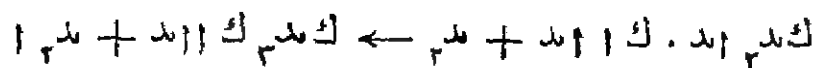
وينتج عن تحلل المواد السكر بوايدراتية. غازات غالباً من ك_٢ام، ك_٢يد، وقليل من الإيدروجين. وكمية هذه الغازات كبيرة، ولقد عملت تجربة فكان ما أنتجه المتر المكعب من الغازات هو ١٠ - ١٠٠ متر مكعب من الغاز، وعلى هذا الأساس فإن المسافات الموجودة بين جزئيات الكومة تملأ بهذه الغازات، وهذا يشجع عمل البكتيريا غير الهوائية، وتبعاً لذلك يقل تطاير

الأمونيا لأن كربونات الأمونيوم أثبت في جو من ك_٢ عنها في الهواء والمعادلات الآتية توضح ذلك :



ثم يتحلل الجليكوكول إلى نشادر وحامض أكسي خليك

ك_٢ د م . ه د م . ك_٢ د م + ك_٢ د م + ك_٢ د م + ك_٢ د م
أى أن حامض الهيبوريك يتفاعل مع الماء فينتج في النهاية نشادر وحامض
أكسي خليك وحامض البنزويك . غير أن حامض الأكسي خليك قد يختزل
إلى حامض خليك كما يلي :



ويتضح من معادلة تحويل كربونات النشادر إلى نشادر وثاني أكسيد
الكربون أن التفاعل عكسي ، فبناء على قانون فعل الكتلة يجب أن يقل
النشادر إذا زاد ثاني أكسيد الكربون ، فإذا تمسكنا من زيادته في السداد ،
أى إيجاد السداد في جو من ثاني أكسيد الكربون يقل فقد الأزوت بالتطاير
في صورة نشادر ، ويمكن تحقيق ذلك عن طريق منع التهويه وبذا تزداد
كربونات النشادر ويقل درجة تركيز النشادر على الحالة الغازية فيقل الفقد
فيها . وتجدد الإشارة إلى أن ذلك هو ما اقترحه Deherain وقد أيدته التجارب
التي أجريت حتى الآن ،

ولقد قام بعض الباحثون بمحاولات عديدة في الماضي لتثبيت النشادر ،
وذلك بإضافة مواد كيميائية إلى السباح سواء في الزرائب أو في أكوام

التخزين فاستعمل الجبس والكاينيت والسوبر فوسفات وحامض الكبريتيك وحامض الفوسفوريك وشرش اللبن . . . إلخ ، ولكنها جميعا محاولات غير اقتصادية وضارة بأقدام المواشى ولو أنها تأتي ببعض الفوائد ، ولذا فإنها لا تستعمل .

ويلاحظ أن لون السماد القديم يتحول إلى مادة بنية سوداء أى عبارة عن مواد دوبالية .

ونتيجة لتحلل المواد العضوية تنتج حرارة فى الكومة . وإذا كانت الكومة جافة وغير مدكوكة مثل الحاصل فى سماد إفرازات الحصان (سبلة) ، فإن البكتريا الهوائية تعمل وتنتج الحرارة ، ولكن فى الظروف غير الهوائية عادة تنتج كمية حرارة أقل من السابقة . وعادة الكومة المفككة تصل درجة الحرارة إلى ٦٥ — ٧٠ م بينما الكومة المدكوكة التى تحتوى على ٨٠ ٪ ماء لا ترتفع إلى أعلا من ٤٠ م . وعموما إنتاج حرارة كبيرة يدل على فقد كبير فى المواد الهامة فى الكومة ، وقد يؤدى ذلك إلى تكوين مواد مشابهة للفحم ذات فائدة قليلة .

وبخصوص مركبات الأزوت فى السماد ، ففي المواد التى يتكون فيها السماد (الروث والفرشة) نرى أن الأزوت موجود فى صورة معقدة (غالبا بروتين) ، وهذه مقاومة لفعل البكتريا نوعا ما . أما البول فيحتوى على الأزوت فى صورة يوريا أو حامض هيبوريك وحامض يوريك وهذه سهلة التحليل إلى الأمونيا ، ولكن هذه فى وجود مواد عضوية كثيرة يحدث العكس ، فالمشاهد أن هذه المركبات تمثل بالميكروبات وتتحول إلى مواد بروتينية فى خلايا الميكروبات .

الخلاصة :

السماد العضوى (البلدى) معروف منذ قديم الزمن ، فقد استعمله قدماء المصريين فى تسميد التربة الزراعية ، ويستعمل حاليا فى مصر بطريقة بدائية . والسماد العضوى « البلدى » عموما عبارة عن مخلفات الحقل من بقايا النباتات

والاصطبلات والزرائب والشرب . ويحتوى على سليولوز ، ولجنين ، وبروتينات ، ويوريا ، وميكروبات ميته وحية . وبقايا النباتات هى التى تزيد من كمية هذا السماد فإذا أضيفت هذه المراد للتربة الزراعية فإن الميكروبات مثل البكتريا والفطر والاكيتينوميسيس والبروتوزوا تقوم بتحليل محتوياته، ويبتج عن ذلك نترات ، وفوسفات ، وكبريتات الأملاح المختلفة بصورة معدنية يستفيد منها النبات .

تبدأ عملية التحلل سريعة ثم تبطئ تدريجيا ، وهذا بطبيعة الحال يتوقف على عوامل عديدة منها الحرارة ، والرطوبة ، والتأثير (المحوضة) ، ونسبة $\frac{ك}{ن}$.

فإذا كانت الأسمدة تحتوى على كمية قليلة من عنصر النتروجين فإن عملية التحلل تكون بطيئة ، ولا تكون النترات سريعا ، وبالتالي لا يستفيد منها النباتات مباشرة ، أما إذا كانت نسبة النتروجين إلى الكربون حوالى ١٧/١ فإنها تكون كافية لتكوين بروتين البكتريا والميكروبات الأخرى . فإذا ماقلت عن ذلك فإن الميكروبات تستعمل أزوتات وأملاح أمونيوم التربة ويشعر النبات بجوع فسيرلوجى للأملاح الأزوت ، الأمر الذى يحتم إضافة الأزوتات إلى التربة الزراعية ، وذلك للإسراع فى تحلل السماد فى التربة ولسد حاجة النبات .

أما إذا كانت النسبة أعلى من ١٧/١ فإن الأزوتات تتكون بالتربة بعد أن تأخذ الميكروبات ما يكفها (أنظر نسبة $\frac{ك}{ن}$)

تقوم الميكروبات بتحلل اليوريا إلى أمونيا مثل ميكروبات

B. pasteurii, Sarcina Urea, Eugeni

ولا يخفى أن اليوريا توجد بكميات كبيرة فى السماد البلدى نظرا لتوفر بول الحيوانات به . ونتيجة لعملية النشطرة تتكون نسبة كبيرة من الأمونيا فى انخفاض الرقم الايدروجينى إلى الجهة القلوية ، مما يؤدى إلى نمو البكتريا وتكاثرها .

ونسبة $\frac{100}{200}$ في المادة العضوية تساوى $\frac{100}{200}$ وبعد تحليلها تصل النسبة إلى

حوالى $\frac{1}{2}$ نتيجة لفعل الميكروبات وتحلل المواد السكرى بواسطة .

يفقد كثير من الأمونيا نتيجة لامتصاص السليولوز لها، وكذلك لارتفاع درجة حرارة الجورة، فعندما تصل الأمونيا إلى الجورة فإنها تتأكسد إلى أزوتات بفعل البكتيريا، فإذا أضيف ماء إلى الجورة أو سقطت أمطار فإن النترات تتسرب إلى أسفل الجورة، حيث يوجد الوسط اللاهوائى نتيجة لنمو الميكروبات وتكاثرها، فتتحول الأزوتات إلى أزوت مطلق (انطلاق الأزوت)، وهذا يتسرب إلى الجو . إلى جوار ذلك تفقد كثير من الأزوتات على صورة نتروجين مطلق نتيجة لعملية غير بيولوجية . ويمكن القول عموماً أن ١٥ - ٢٠ ٪ تفقد نتيجة لعملية انطلاق الأزوت (بيولوجيا) و ١٥ - ٢٠ ٪ بطرق غير بيولوجية . هذا ويفقد الفوسفور والبوتاسيوم بتسربهما في التربة نتيجة لعدم العناية بإنشاء الجورة .

نلجأ عادة إلى عدة طرق للتحفظ على العناصر الهامة في السماد من الضياع، أهمها (السماد الحامى) و (السماد البارد) ، والسماد الحامى Hot Manure يجرى عمله بترك الجورة يتخللها الهواء لمدة أيام أولاً، وذلك لكي ترتفع درجة الحرارة . ثم تضغط بعد ذلك جيداً لكي يتولد وسط لاهوائى . تتحلل (بالتخمير) المواد العضوية تحت الظروف اللاهوائية، ويعمل هذا على تقليل فقد عنصر النتروجين . هذا إلى جوار قتل الميكروبات المرضية التى تحملها النباتات المصابة، وبذلك لا تنقل من التربة إلى النباتات .

وفى هذه الطريقة يشجع النمو الهوائى للميكروبات أولاً، والذي يعمل على زيادة نموها، وتبعاً لذلك تمثيل الأزوت فى خلاياها، وبذا يقل الفقد فيه . وكذا رفع درجة الحرارة التى قد تصل إلى ٦٥°م من شأنه إبادة الميكروبات المرضية كما تقف عملية التآزت، وهذا مانبغيه حتى لا تفقد الأزوتات بعد ذلك بعملية اختزال وانطلاق الأزوت .

السماد العضوى الصناعى

Compost

السماد العضوى الصناعى هو الذى يمكن الحصول عليه من تخمير الفضلات النباتية ، كقش الأرز والتبن والعروش والأحطاب وغيرها . ولما كانت حاجة الأراضى المصرية ماسة لزيادة المادة العضوية فيها . لذا يجب أن نشير هنا إلى أهمية زيادة تصنيع هذه الفضلات لإنتاج الأسمدة العضوية بدلا من بيعها أو إستعمالها فى الحريق .

يجدر أن نشير هنا إلى الذين طرّقوا هذا الموضوع من الباحثين وهم Hutchinson & Richard (١٩٢١) ، Waksman, Tenney & Diehm (١٩٢٩) وعندهم عرفت القواعد الرئيسية لتحويل تلك المتخلفات إلى أسمدة عضوية صناعية . وتوجد الآن عدة طرق لتحويل المتخلفات النباتية والحيوانية إلى أسمدة عضوية نذكر منها طريقة كل من :

Adco, Howard, Carbery - Pinlow, Fowler,

Y. Ayyar and Howard - Wad "15" ... etc.

وفىما يلى القواعد التى يجب أن تراعى للحصول على سماد عضوى صناعى جيد :

- ١ - رطوبة كافية باستمرار وموزعة بانتظام .
- ٢ - إضافة كمية كافية من المركبات الأزوتية وأن توزع بانتظام .
- ٣ - كبس القش بانتظام حتى يكون التخمير منتظما
- ٤ - تقطيع القش إلى قطع صغيرة (١٥ - ٢٠ سم)
- ٥ - مراقبة درجة الحرارة من آن لآخر حتى يمكن العمل على بقائها فى الحدود المناسبة .

والأسمدة العضوية الصناعية تشبة في مظهرها السباح البلدى المتآكل جيداً، وليست له رائحته الكريهة المميزة للسماد البلدى لغياب الروث عنه، ويفضله مرتين على الأقل في القيمة السمادية. من حيث مقدار المادة العضوية والآزوت، فيستطيع الزارع أن يستعمل متراً مكعباً مثلاً من هذا السماد بدلاً من مترين مكعبين من السباح البلدى الجيد.

وأساس التخمير هو جعل «فضلة» أو مخلفة الحقل، مرتفعة الرطوبة. مع وجود الهواء في أغلب الوقت، مع توفير الآزوت والفوسفور اللازمين لتغذية وتنشيط الكائنات الحية الدقيقة، التي تقوم بعملية التخمير. على أن يكون الوسط متعادلاً أو مائلاً للقلوية.

وتشير العجالة ١١١ ووزارة الزراعة (١٩٥٦) إلى أن إنتاج السماد البلدى الصناعى من أهم الوسائل المؤدية إلى سد العجز الشائع في السباح البلدى، وغيره من الأسمدة العضوية، التي تعتبر من الأركان الأساسية في حفظ خصوبة الأراضي أو استصلاحها، والأساس الاقتصادي لنجاح إنتاج هذا السماد هو أن تكون الفضلات النباتية عديمة القيمة، أو لايسهل بيعها بثمن مجز مثل قش الأرز ومخلفات الأجران والأتبان التالفة وأغلفة الذرة الشامية وسوقها، وكذا أحطاب القطن إن أمكن تكسيدها، وأوراق زعازيع القصب وعروش المقات والخضروات وأوراق وسوق الموز... الخ. وأيضاً قلة نفقات اليد العاملة عامل هام في نجاح العملية.

وعند عمل السماد تتساوى المساحات اللازمة لإقامة كومات الفضلات عليها، وكذا كميات الماء اللازمة لترطيبها في أثناء العمل وبعده مهما اختلفت المادة الأصلية المراد تحويلها إلى سماد. ولايتغير بتغير «مخلفة الحقل» إلا كميات المخلوط الكيماوى، وهو الاصطلاح الذى سيطلق في هذه الطريقة على مخلوط سلفات النشادر مع السوبر فوسفات وكر بونات الجير الناعم والتراب. وفيما يلى جدولان: الأول يبين مقادير المواد الأصلية وما تحتاج إليه من المساحات والماء في أثناء العمل وبعده. والثانى يبين مقادير المواد الداخلة في «المخلوط الكيماوى» اللازم لكل نوع من الفضلات، ثم يلى ذلك طريقة العمل وهى واحدة في جميع الحالات:

جدول (٢٥)

كميات « مخلفة الحقل » والماء والمساحة اللازمة

(عن العجالة ١١١ وزارة الزراعة)

مخلفة الحقل	المساحة اللازمة	الماء اللازم بالصفحة في أثناء العمل
طن		
١	٦ متر مربع (٢ × ٣ متر)	٦٠ صفحة كاملة في أثناء العمل ومثلها بعد أسبوع ومثلها بعد أسبوع ثان ومثلها بعد أسبوع ثالث .
٥	٣٠ متر مربع (٥ × ٦ متر)	تضرب الأرقام أعلاه في ٥
١٠	٦٠ متر مربع (٥ × ٧ × ٨ متر)	١٠ × " " "
٢٠	١٢٠ متر مربع (١٠ × ١٢ متر)	٢٠ × " " "

ونظرة واحدة إلى هذا الجدول تبين أن المساحة اللازمة لكل طن من المادة هي ٦ متر مربع ، وأن كميات الماء تزيد بنسبة ثابتة بزيادة المادة « مخلفة الحقل » .

وقد حددت المساحات وكميات الماء كما سبق لجعل التهوية والرطوبة داخل الكومات بحالة ملائمة لميكروبات التخمر دون تعرض « المخلوط الكيماوى » إلى الضياع بالرشح ، ويلاحظ أن أوزان المادة الأصلية في هذا الجدول معطاة على فرض أن المادة المذكورة جافة فإذا استعملت مرادفية جداً كورق وسوق الموز فيجب أن تؤخذ نحو ٥٠ طن بدلاً من كل طن ، مع تقليل كمية الماء التي تعطى أثناء العمل فقط ، أما مقادير الماء التي تعطى بعد العمل فتبقى كما هي في الجدول .

جدول (٢٦)
أنواع مخلفة الحقل والمخلوط الكيماوى المستعمل
عن المعجالة ١١١ وزارة الزراعة

المادة « مخلفة الحقل »	الطن الواحد يحتاج من « المخلوط الكيماوى » إلى :
قش الأرز والحشائش الخضراء ورق الشجر وورق الخضروات	١٥ كيلو جرام سلفات نشادر + ٣ كيلو جرام سوبر فوسفات + ١٥ كيلو جرام كربونات جير ناعم + ١٠٠ كيلو جرام تراب
تبين البرسيم والخلبة والفول والقمح والشعير	٢٠ كيلو جرام سلفات نشادر + ٤ كيلو جرام سوبر فوسفات + ٢٠ كيلو جرام كربونات جير ناعم + ١٠٠ كيلو جرام تراب
عروش الفاصوليا والبطيخ والبطاطا والقلعاس وقش القصب وعروش اللوبيا والفول السودانى والطماطم .	٢٥ كيلو جرام سلفات نشادر + ٥ كيلو جرام سوبر فوسفات + ٢٥ كيلو جرام كربونات جير ناعم + ١٠٠ كيلو جرام تراب
حطب الذرة وسوق الموز	٣٠ كيلو جرام سلفات نشادر + ٦ كيلو جرام سوبر فوسفات + ٣٠ كيلو جرام كربونات جير ناعم + ١٠٠ كيلو جرام تراب
حطب القطن وبقايا تقليم الأشجار ومصاصة القصب وساس الكتان	٢٥ كيلو جرام سلفات نشادر + ٧ كيلو جرام سوبر فوسفات + ٣٥ كيلو جرام كربونات جير ناعم + ١٠٠ كيلو جرام تراب

ويلاحظ أن مقادير الأزوت والفوسفور المبينة في الجدول على صورة سلفات نشادر وسوبر فوسفات تتزايد بازدياد المركبات الخشبية في المواد المراد تحويلها إلى سماد، كما تتزايد مقادير كربونات الجير الناعم بازدياد مقادير سلفات النشادر، لمعادلة تأثيرها الحامضي وتأثير ما يتكون من أحماض أثناء التحول . وقد يكون من المفيد وضع كمية مناسبة من السباخ البلدي مع التراب المستعمل في (المخلوط الكيماوى) لتشجيع عملية التخمر .

ملاحظة : المائة كجم من التراب تساوى خمسة مقاطف تقريبا ويمكن الاستغناء عن كربونات الجير الناعم واستعاضته بزيادة التراب المستعمل .

خطوات العمل :

- ١ - تختار المساحة المخصصة للكومات بالقرب من ترعة أو مورد سهل للماء العذب، لتسهيل عمليات الرش مع تجنب الأرض الواطئة، خوفًا من النشع . ثم تدك جيداً، ويحفر حولها قناة بعرض ٢٠ سم وعمق ١٠ سم، للاحتفاظ بالسوائل التي ترشح .
- ٢ - يحضر المخلوط الكيماوى ، اللازم لكمية المادة المراد تحويلها إلى سماد، مع تقليبه جيداً، ثم يقسم إلى عشرة أجزاء متساوية بقدر الإمكان .
- ٣ - يفرش على المساحة ١ (عشر) كمية المادة « مخلفة الحقل » . ويستعان بمتوسط وزن عشر عبوات فردية (أكياس أو شنايف) في حساب العبوات الكلية اللازمة ، ثم يقاس ارتفاع الطبقة للاستفادة به في الطبقات التالية دون الحاجة إلى استخدام العبوات ، وارتفاع الطبقة الواحدة دائماً ما يكون نحو ٤٠ - ٥٠ سم، ويمكن اتخاذه كقاعدة عامة دون الحاجة إلى الوزن مادامت المساحة محسوبة على أساس ٦ متر مربع للطن الواحد ، وهو ما يساوى في الغالب ٤ أحمال .
- ٤ - يرش على هذه الطبقة بالتساوى ١/١٠ كمية الماء اللازم في أثناء العمل ،

مع دوس العمال عليها بالأقدام أثناء الرش لتتبدل جيداً ، ثم ينشر عليها بالتساوى أيضاً ١/١٠ ، المخلوط الكيماوى ، وبهذا تتم الطبقة الأولى من الكومة .

٥ — يفرش الـ ١/٢ الثانى من المادة ، مخلقة الحقل ، على حسب الارتفاع السابق ذكره ، ثم يرش عليها ١/٢ الماء ويتبعه ١/٢ المخلوط ، وبهذا تتم الطبقة الثانية .

٦ — يستمر العمل هكذا حتى تتم الطبقات العشر : وتغطى طبقة « المخلوط الكيماوى » الأخيرة بقليل من المادة « مخلقة الحقل » .

٧ — تعطى الكومة بعد ذلك بطريق الرش كميات الماء السابق ذكرها . الجدول فى المواعيد المبينة فيه أيضاً .

٨ — بعد انتهاء إضافة هذه الكميات الكبيرة ، ترش الكومة بالماء كلما لزم الأمر — حسب الأحوال الجوية — بحيث إذا أخذت قبضة من الكومة على عمق ٢٠ سم تقريباً من مواضع متعددة ، وضغطت باليد جيداً رطبت اليد فقط . أى يجب ألا يكون السماد جافاً ، وألا يكون مشبعاً بالماء لدرجة تساقطه منه بالضغط . ودرجة الرطوبة هذه ضرورية جداً لنجاح العملية وتجب المحافظة عليها حتى ينتهى نضج السماد .

٩ — بعد شهر ونصف من بناء الكومة تقلب جيداً مع إعادة تكويرها كما كانت والدوس عليها بالأقدام ، وهذه العملية هامة لتصبح جميع أجزاء الكومة متجانسة وتنشيط عملية التحلل المطلوبة .

١٠ — يكرر هذا التقليب مرة ثانية بنفس الطريقة بعد شهر ثم مرة ثالثة إذا لزم بعد نصف شهر .

نضج السماد وخزنه واستعماله :

تنضج الفضلات النباتية المعاملة بهذه الطريقة في فترات تتراوح بين ثلاثة وخمسة أشهر ، حسب اختلاف نسبة المراد الخشبية بهذه الفضلات . ويمكن خزن السماد الناتج إلى حين الحاجة إليه بجمع الكرومة في حيز أصغر وكبسها جيداً مع حمايتها بقدر الإمكان من حرارة الشمس والرياح بتغطيتها بالخيش أو القش أو أية طريقة أخرى مع مداومة ترطيبها بالماء . ولاحتواء السماد على نسبة عالية من الرطوبة يمكن عند استعماله خلطه بالتراب ليسهل نشره على الأرض بالتساوي . ومن المنتظر أن يعطى الطن الواحد من الفضلات نحو مترين ونصف من الأمتار المكعبة من السماد .

ملاحظات هامة :

١ — إذا اتبعت هذه الطريقة في الزراعات الكبيرة فقد يكون من المستحسن إفراد قطعة أرض خاصة مناسبة بكل حقل لعمل أكوام السماد من مخلفات الغيط نفسها وبذلك تقل نفقات النقل وغيرها .

٢ — القاعدة العامة أنه كلما كانت المادة المراد تحويلها مقسمة قطعاً صغيرة كان تحويلها أسرع ، وتصبح هذه القاعدة ضرورة لازمة في حالة استعمال المواد الخشبية كحطب القطن والذرة . . . الخ ، أما سوق الموز فيجب أن تقطع بالقوس قدر الإمكان .

٣ — إذا تيسر رش الماء على الكومات بالخرطوم الآخذ من طلبة ماصة كابسة كان ذلك أحسن وأتم لضمان توزيع الماء توزيعاً متساوياً مع خفض التكاليف .

٤ — سماد سلفات النشادر هو أنسب الأسمدة الآزوتية الموجودة في

السوق لهذه العملية، فإذا تعذر الحصول عليه يمكن استعمال سماد نيتروسلفات الفشادر، وإن لم يوجد يستعمل نترات الجير مع مراعاة اختلاف نسبة الآزوت في هذه الأسمدة .

٥ — يمكن في حالة عدم الحاجة السريعة إلى سماد عضوى صناعى مع وفرة السباخ البلدى بالمزرعة، أن توضع طبقة من الفضلات النباتية على المساحة المناسبة (٣ × ١٠ متر مثلاً) بسمك ٥٠ سم مع رشها بالماء إلى درجة البلل . ثم تنثر عليها كمية من السباخ البلدى بسمك ٢٠ سم، وتوضع بعد ذلك طبقات أخرى وتعامل بنفس الكيفية، بحيث لا يزيد ارتفاع الكومة في النهاية عن ٢ متر بأى حال من الأحوال، ثم ترش الكومة بالكميات المناسبة من الماء بين آن وآخر تحتفظ الفضلات برطوبتها . وتقلب مرة أخرى أو أكثر إذا كان هناك ضرورة لذلك . وفي هذه الطريقة تطول الفترة التى يتم فيها نضج الفضلات .

عمل الميكروبات فى الكومة

فى المزارع الكبيرة التى تستعمل فيها الآلات الزراعية عادة فإن الأسمدة البلديه تقل فيها بنسبة كبيرة ، لذلك تستعمل مخلفات الحقل على نطاق واسع لعمل السماد العضوى الصناعى ويتكون هذا السماد من القش ، ومخلفات الحقل من بقايا النباتات والحيوانات وتكون هذه المخلفات كثيرة ويمكن استغلالها اقتصادياً، وعادة تحتوى هذه المخلفات على النسب الآتية :

كربوايدرات ذائبة	٤١٪
ألياف	٣٧٪
نيتروجين	٠.٣٪

لهذا فإن تحليلها يتوقف على نسبة $\frac{ك}{ن}$ وعادة تكون حوالى $\frac{٢٠٠}{١}$ ثم

تصل فى النهاية إلى $\frac{٢٠}{١}$

فالتحلل الطبيعي لهذه المواد في الجور يكون بطيئاً لقلّة كمية الآزوت ولا يسرع هذا التحلل يجب :

أولاً : إضافة أملاح النتروجين وذلك لكي ترتفع النسبة من ٠.٣ — ١.٢٪ . وتستعمل عادة أملاح الأمونيوم .

ثانياً : تهوية الجورة حيث أن التحلل يجب أن يتم هوائياً .

ثالثاً : إضافة الماء لجعل الوسط مناسباً لنمو البكتريا .

فتكون النتيجة تفاعلات سريعة مصحوبة بارتفاع في درجة الحرارة التي تساعد على زيادة التحلل . ويجب أن تعدل الرطوبة بحيث تكون ٧٥ — ٨٠٪ . والزيادة عن هذه النسبة غير مفيد للعملية ، لأن الوسط سيكون لاهوائياً وهذا من شأنه تأخير تحلل المواد العضوية ، أما إذا كانت نسبة الماء قليلة فإن كمية كبيرة من النتروجين تفقد وبالتالي تقلل من قيمة السماد الناتج ، وتعالج هذه الحالة بالرش . وأما درجة الحرارة فترتفع في الكرمة وقد تصل إلى ٦٥ — ٨٠ م وتخفض بالرش بالماء ، كما أن التهوية تؤدي إلى رفعها ، والتهوية الجيدة تشجع نمو الميكروبات الهوائية والفطريات والاكيتنومييسيس . ونتيجة للتحلل تحتفي المواد السليولوزية ، أما المواد الهيميسليولوزية والدهنية فإنها تتحلل إلى درجة كبيرة ويكون نتيجة لذلك زيادة نسبة اللجنين الصعب التحلل وزيادة نسبة البروتين نظراً لنمو البكتريا وتكاثرها وكذا زيادة الرماد .

تستفيد النباتات أصلاً من البروتين الميكروبي بعد موت البكتريا وتحللها ، وبذلك ترتفع نسبة النتروجين من ١.٢ — ٢٪ نتيجة لتحلل الكربوايدرات وفقدان كثير منها (ك ا) . وفي المراحل الأولى تكون الميكروبات الهوائية مثل الالكيتنومييسيس . والبكتريا والسيترافاجا والفطر نشيطة ، وبعد ذلك تزداد نسبة الالكيتنومييسيس وينصح واکسمان باستعمال المخلوط الكيماوي الآتي لإيجاد سماد ذو صفات عالية :

٦٧.٥ رطل

سلفات الأمونيوم

٢٢.٥ رطل

حمض الفوسفوريك

٦٠ رطل (لمعادلة الحموضة)

جير مطحون

ويستعمل ١٥٠ رطل من الخلطة عالية الكالطن من القش ، وقد تستعمل مصادر أخرى للفتروجين مثل اليوريا أو سيناميد الجير أو فوسفات الأمونيوم ، وعادة لا تستعمل التترات حيث أنها تفقد بسرعة نتيجة لعملية انطلاق الأزوت . وقد تلتحق الكرومة بتراب من تربة خصبة وذلك لكي تقوم الميكروبات بسرعة تحليل الكرومة .

وتلعب الميكروبات Thermophilic أو المحبة للحرارة دوراً هاماً في تحليل السليلولوز نتيجة لارتفاع درجة حرارة الكرومة في المراحل الأخيرة ، فتصل إلى درجة الحرارة المثلى لهذه الميكروبات (حوالي ٦٠° م) . تقوم الميكروبات المحبة للحرارة (الترموفيلية) مثل البكتيريا والاستربتومييسس ومنها *Streptomyces melanospora* & *S. thermophilus* & *S. melanocylus*

وكذلك بعض الفطريات الترموفيلية بتحليل السليلولوز . ويذكر واكسمان سنة (١٩٥٢) أنه إذا لم تكن الرطوبة بالكرومة بالدرجة الكافية ، والتي تسمح بالتحلل المثالي ، وذلك بأن تكون قليلة أو كبيرة بالدرجة التي تمنع أو تعيق التحلل ، فإن درجة حرارة الكرومة ترتفع تلقائياً ، وينشأ عن ذلك بضاء تحلل متخلفات الخيزران وبقايا النبات التي تحتويها الكرومة . وهذا من شأنه أن تتجمع مواد كيميائية طيارة التي قد تشتعل بمجرد تعرضها للهواء الجوي فتحرق الكرومة . والظروف التي تساعد على الارتفاع التلقائي في حرارة الكرومة هو عدم تسرب الحرارة الناتجة عن التفاعلات البيولوجية بها وعدم دخول الأوكسوجين إلى داخلها ، كما أن عدم وجود رطوبة كافية يمنع امتصاص هذه الحرارة المتولدة . وينشأ عن هذه الظروف ، الارتفاع التلقائي في درجة الحرارة والذي يتسبب في فقد كثير من المواد العضوية مثل الدهون ، والسكريات ، والهميسيلولوز كما يفقد السليلولوز والبروتين ،

ولكن بدرجة أقل ، أما اللجنين فلا يفقد منه شيء . امتصاص اللجنين للأوكسوجين مع الارتفاع في درجة الحرارة إلى درجة الاشتعال ، وقد يتسبب عنه احتراق الكرومة .

جدول (٢٧)

نتائج التحليل لسماذ عضوى صناعى وسماذ بلدى وعادى
(عن العملية رقم ١٠٥ أصار قسم الكيمياء بوزارة الزراعة)
(١٩٥٦)

نوع السماذ	رطوبة %	ازوت كلوى مادة عضوية محسوب على (فقد المادة الحافزة باخريو) %	عمر السماذ	ملاحظات
سماذ عضوى صناعى	٣٩.٣٦	٠.٥٥	٣ أشهر	قش أرز + سينا ميدجير
سماذ بلدى عادى	٨.٠٥	٠.٢٦	سنة	مشتري من صغار الزراع

جدول (٢٨)

نتائج التحليل للسماذ البلدى الصناعى والسبخا البلدى
(عن العجالة .. الاسمدة العضوية وأهميتها)
ديسمبر سنة ١٩٥٨ وزارة الزراعة

السماذ	التركيب الكيماوى			ما يحتويه المتر المكعب الواحد		
	مادة عضوية %	آزوت %	طافى فوسفوريتك	وزن المتر المكعب ك.ج	مادة عضوية ك.ج	آزوت ك.ج
السبخا البلدى	٨	٠.٣	٠.٢٤	٨٠٠	٦٤	٢.٢٤
السماذ البلدى الصناعى	١٦	٠.٢٦	٠.٢٤	١٠٠٠	١٦٠	٦

إستغلال متخلفات المدن والمزارع الكبيرة

تحويل فضلات المدن الكبرى من قمامة وأعشاب بحرية وسوائل مجارى ، ومتخلفات السلخانات ، والمصانع ، والأسواق ، الى أسمدة عضوية ، فيلحق بكثير من المدن الكبرى مصانع لإنتاج هذه الأسمدة ، ففي هذه المصانع يعمل على تجميع القمامة ثم يفصل منها الزجاج والصيني والحديد وعلمب الصفيح . . وغيرها ، وتطحن هذه المتخلفات أو قد تترك كما هي . تبعاً في صوامع خاصة . وهذه مزودة بوسائل تهوية ، مثل أنابيب لضغط الهواء بها . كما تزود أيضاً برشاشات للسماة ، وقد يستعمل ماء المجارى المتبقى بعد تخليصه من المواد العضوية . وهو غنى بالأملاح المختلفة خصوصاً أملاح النتروجين ، في رش هذه المتخلفات بدرجة تسمح لنمو الميكروبات الهوائية ، وكما يقلل من الحرارة الناتجة عن التحلل . إذ قد ترتفع الى ٦٠ -- ٦٥°م وهذا النطاق كاف لقتل كثير من الميكروبات خصوصاً المرضية .

وبعد فترة التحلل يسحب السماد الناتج ، ويطحن جيداً ويباع كسماد عضوى . وأهمية هذا السماد عظيمة إذ أنه يحتوى على المواد الكربوإيدائية المعقدة التركيب ، والتي تزيد من نسبة الدوبال بالتربة علاوة على الأملاح النتروجينية الهامة لتغذية النبات .

ولقد أوضح أبو الفضل ١٩٦٠ في كتابه ، الأسمدة العضوية ، أن طريقة تحويل القمامة الى سماد تعتبر صورة من صور الإستغلال الإقتصادى السليم للمتخلفات . فقمامة القاهرة مثلاً تبلغ نحو ٤٠٠ ألف طن سنوياً ، تحتوى في المتوسط على مايقرب من ٧٥ ٪ بقايا نباتية وحيوانية صالحة للتخمير .

طرق تحويل القمامة إلى السماد .

لخص أبو الفضل (١٩٦٠) طرق تحويل قمامه المدن الى سماد فى الآتى :

توجد عدة طرق لتحويل القمامة الى سماد . وتقع تحت ثلاثة أقسام رئيسية وهى : طرق التخمير الهوائى وطرق التخمير الشبه الهوائى أو المختلط وطرق التخمير اللاهوائى . ويجرى التخمير فيها إما مع الماء فقط وإما مع الماء والكميويات غير العضوية . وإما مع سائل المجارى أو متخلفات المراحيض . وتختلف هذه الأقسام الثلاثة بعضها عن بعض فيما يلى :

١ - فى طرق القسم الأول تجرى التهوية بدفع الهواء متى كان التخمير فى حجرات أو أبراج ، أو بتكرار التقليب على فترات قصيرة متى كان التخمير فى كومات .

٢ - فى طرق القسم الثانى يحدد مقدار الهواء الذى يلامس الأجزاء الداخلية للقمامة ، فإذا كان التخمير فى حجرات أو أبراج تترك هذه مفتوحة لأيام قليلة ثم تغلق حتى النضج أو يدفع فيها الهواء بين حين وآخر . . أما إذا كان التخمير فى كومات فإن طبقاتها تضغط عند بنائها ، ثم تقلل مرات تقليبها أو تترك هوائيه أى بدون ضغط لأيام قليلة ، ثم تضغط وتطمس بالطين مثلاً لمنع الهواء عنها .

٣ - وفى طرق القسم الثالث يحبس الهواء من أول الأمر عن القمامة سواء وضعت فى حجرات وأبراج أو فى أكوام .

وهناك طرق عديدة أخذت أسماء خاصة مثل طريقة

Beccari, Verdier, Bordas, Barp Thomas, Piker, Boggiano Picco
Dano Indore

وغيرها من الطرق . وتجدر الإشارة الى أن طريقة Boggiano Picco
هى المتبعة فى الإقليم المصرى لتحويل قمامة القاهرة الى سماد عضوى .

واقداً أشار أبو الفضل (١٩٥٨) الى العديد من المتاعب التى تواجه السلطات الصحية والبلدية من المتخلفات النباتية والحيوانية القابلة فى شتى أركان المدن

وذكر أنه لا سبيل للقضاء على هذه المتاعب إلا باستغلال هذه المتخلفات على أساس اقتصادى سليم .

وفيما يلى مرجز بوجوه هذا الاستغلال :

- ١ — من قمامة المدن يمكن انتاج السماد العضوى
- ٢ — من الأعشاب البحرية بعملية الفسيل والتجفيف يمكن انتاج السماد العضوى ، وبعض العمليات الكيماوية يمكن انتاج الاجار والالجين واليود .
- ٣ — من دم المجازر وبعض العمليات الخاصة يمكن انتاج سماد الدم المعروف كما يمكن انتاج الالبومين والهيموجلوبين والاحماض الامينية
- ٤ — ومن اللحوم المعدومة يمكن انتاج مسحوق اللحم ، ومسحوق العظام للتسميد وتغذية الدواجن ومن القرون والحوافر والشعر يمكن انتاج بعض الاسمدة العضوية المركزة .
- ٥ — ومن السلالة وقصاصات الجلود (متخلفات المدايح) بمعاملات خاصة يمكن انتاج السماد العضوى المعروف « بالسفالة » أو سماد قصاصات الجلود .
- ٦ — ومن متخلفات الاسماك (رؤوس وعظام وأحشاء) . بمعالجتها بالبخار يمكن إستخراج الزيوت والدهون والجيلاتين . ثم ضغط الجوامد إلى كسب ، ثم التجفيف والسحق يمكن إنتاج ما يعرف بجوانو الأسماك أو مسحوق السمك الذى يستخدم فى التسميد أو تغذية الدواجن .
- ٧ — والمتخلفات الزراعية كقش الأرز وحطب الذرة وقوالحها وحطب القطن وقش القصب وزعازيعه ، وكذا متخلفات تصنيع المحاصيل كسرس الأرز ورجيع الكون ، ومصاص القصب المعروفة بالباجاس ، وقشر الفول السودانى

وقصرة بذرة القطن ، وتفل البيره ، وكذا متخلفات مصانع الألبان . الخ
يحتوى بعضها على نسبة عالية من المواد الكربوهيدراتية كالسيلولوز
والبنتوزانات واللجنين ، وهى مركبات ذات طاقة حرارية عالية يمكن تحويلها
إلى طاقة إنتاجية باستخراج مواد ذات قيمة غذائية وصناعية عديدة ، فضلا
عن إمكانية استخدام بعضها فى إنتاج الأسمدة العضوية أو إنتاج الورق (ومن
سيلولوز القش والخشب وبعض النباتات) ، والحرير الصناعى من سيلولوز
الخشب . والألياف الصناعية من الزيوليات المختلفة والمضادات الحيوية
والفيتامينات ، أو فى إستعمالات أخرى تعتمد على مالها من صفات طبيعية .

وبمعاملة هذه المتخلفات بالأحماض تتحول المواد الكربوهيدراتية
إلى سكريات قابلة للتخمر كالجلكوز والزيلوز . والأول يمكن تحويله
إلى كحول الإيثيل بواسطة الخميرة *S. cerevisiae* ، والثانى يمكن تحويله
إلى كحول البيوتيل والأسيتون وكحول الإيثيل بواسطة البكتريا
Cl. acetobutylicum ، كما يمكن تحويلها إلى مواد دهنية بإستعمال أنواع من
الفطريات مثل *Endomyces verimalis* ، أو تحويل سكر الزيلوز إلى
مواد بروتينية بإستعمال الخميرة الكاذبة مثل *Torulopsis utilis* .

ومن بعض المنتجات الزراعية مثل القواخ وسرس الأرز وقصرة بذرة
القطن وحطب الذرة يمكن إستخراج الفيرفورال *Furfural* ، وذلك بتسخين
هذه المنتجات مع حامض الكبرتيك تحت ضغط عال .

ومن شرش اللبن يمكن إنتاج حامض اللكتيك بواسطة بكتريا
Lactobacilli ، كما يمكن إنتاج كحولات وفيتامينات بتأثير بعض الخمائر والبكتريا .
ومن بين استعمالات المتخلفات النباتية والحيوانية عند تحويلها إلى أسمدة
عضوية بالتخمر اللاهوائى إنتاج غاز الوقود المعروف « بالميثان » ، الذى
يستخدم بديلا لغاز الاستصباح والبولتاجاز فى الأغراض المنزلية ، أو بديلا
سوائل البترولية فى إدارة المحركات والآلات .

الأسمدة الخضراء

Green Manures

يلجأ عادة إلى تسميد التربة بالأسمدة الخضراء ، ذلك بنمو نبات ما إلى حد معين ، ثم يحرق في الأرض وهو أخضر . وعادة تستعمل النباتات البقولية وبعض النباتات غير البقولية لهذا الغرض . وفي الاقليم المصرى يلجأ إلى ذلك بقلب البرسيم (برسيم قلب) في التربة الزراعية قبل زراعة القطن . وعلى العموم فاختيار النبات المراد التسميد به يتوقف على عدة عوامل أهمها طبيعة التربة والمناخ والدورة الزراعية ونوع التربة وغيرها .

والتسميد بالأسمدة الخضراء يفيد كل من التربة والنباتات على النحو الآتى :

١ - زيادة النتروجين الكلى والنتروجين القابل للتمثيل في التربة الزراعية . وتستعمل عادة النباتات البقولية للتسميد لتحقيق هذا الغرض (البرسيم القلب) . واختيار النبات البقولى المراد التسميد به يتوقف على عدة عوامل منها فصل السنة وطبيعة التربة والدورة الزراعية وموقع المنطقة .

٢ - الاحتفاظ بالمواد الغذائية الصالحة للنبات خصوصا النترات من تسربها خلال التربة الزراعية وذلك أثناء الفصل الذى تترك فيه التربة بدون زراعة .

٣ - زيادة كمية المواد العضوية بالتربة .

٤ - حماية التربة من عوامل التعرية Erosion وذلك فى الاراضى المعرضة بكثرة للعوامل الطبيعية السيئة كالرياح الشديدة والأمطار الغزيرة .

يلاحظ عادة عند اختيار النباتات المراد التسميد بها بأن تكون ذات نسبة عالية من النتروجين والأملاح القابلة للدوبان ، وتحتوى على نسبة بسيطة من السليولوز واللجنين ، وعلى ذلك فعند حرثها بالتربة تتحلل سريعا منتجة أملاح نيتروجينية وكذا أملاح معدنية أخرى فى متناول النبات ويتبقى منها كمية بسيطة من الدوبال .

وعادة تحرق النباتات الحديثة السن فى التربة ، حيث أن النباتات كلما زادت فى العمر قلت كمية النتروجين والرماد المحتوى عليها ، وكلما زاد السليولوز

واللجنين بها. وعلى ذلك فتحلل النباتات الحديثة السن من شأنه إنتاج كمية وافرة من الأمونيا، وكلما كان النبات حديث السن كلما احتوى على نسبة عالية من النتروجين وعليه تزيد نسبة الأمونيا الناتجة عن تحلله، كما أن تحلله يكون سريعاً.

ويمكن تقسيم النباتات التي تستعمل أسمدة خضراء إلى الأقسام الآتية:

- ١ — نباتات تحتوى على نسبة متزنة من الكربون والنتروجين.
- ٢ — نباتات تحتوى على نسبة عالية من النتروجين والتي تزيد عن حاجة الكائنات الدقيقة لتحليل الكربوايدرات.
- ٣ — نباتات تحتوى على نسبة عالية من الكربوايدرات واللجنين عن النتروجين. وهذا القسم سواء أكان من النباتات البقولية أو الغير بقولية يتحلل يبطء عن القسمين الآخرين.

عند حرث النباتات الصغيرة في التربة بقصد استعمالها كأسمدة خضراء فإن كثيراً من النتروجين يفقد من التربة على هيئة أمونيا، وهذه الخسارة أو الفقد تعتمد على كمية النتروجين الكلية الموجودة بأنسجة النبات، ومن المعروف أن النباتات الصغيرة السن تحتوى على نسبة واطئة من السليولوز واللجنين، ولكنها تحتوى على نسبة عالية من النتروجين والأملاح القابلة للذوبان في الماء. وعلى ذلك فمذه النباتات تتحلل بسرعة عن النباتات الناضجة، وتترك كمية بسيطة من المواد العضوية في التربة على هيئة دوبرال مختزنا معه أيضاً كمية بسيطة من النتروجين. أما عند استعمال النباتات الناضجة (أكبر سناً) فإنها تتحلل يبطء وتترك كمية كبيرة من الدوبرال لاحتوائها على نسبة عالية من اللجنين والسليولوز، وينشأ عن ذلك التحلل البطيء كميات محدودة من الغذاء المناسب لتغذية النباتات التي تكون باستمرار طالما كان التحلل سائراً في طريقه، وبذلك لا يحصل الفقد خصوصاً في النتروجين وغيره من العناصر الهامة في تغذية النبات كالذى يحدث لو استعملت نباتات صغيرة كأسمدة خضراء. وعلى ذلك يمكن القول

أن عمر النباتات المستعملة كأسمدة خضراء تلعب دوراً هاماً في إمداد التربة بالعناصر اللازمة لنمو النباتات وكمية الدوبال الذي يعتبر مخزناً لهذه العناصر. واستعمال الأسمدة الخضراء مفيد للتربة، وينصح به إذا أردنا أن نمد التربة بكميات وافرة من النتروجين وثاني أكسيد الكربون. ومن الجدير بالذكر أن كمية الدوبال المتروكة من هذا النوع من التسميد تكون قليلة عادة. ولكن إذا أردنا أن نزيد من كمية الدوبال في التربة فإنه لا بد من استعمال الأسمدة البلدية كسماد الاسطبل وكذا الأسمدة العضوية الصناعية أو بقايا النباتات الناضجة كالقش وأوراق الأشجار وغيرها، بحرثها في التربة وإضافة كمية وافرة من الأسمدة النيتروجية والفوسفاتية عند حرثها.

الباب الحادى عشر

علاقة التربة الزراعية بالنباتات والميكروبات

تأثير الميكروبات على ربط (تجميع) حبيبات التربة

Effect of Microorganisms on soil aggregation

تلعب ميكروبات التربة دوراً هاماً فى تحسين الخواص الطبيعية للتربة الزراعية وذلك بتجميع حبيباتها ، فتقوم الفطريات وكذلك البكتيريا بربط وتماسك حبيبات التربة . فالأولى تستطيع أن تعمل شبكة حول حبيبات التربة بواسطة الميسليوم الذى يتغلغل بين هذه الحبيبات ، أما الثانية فتقوم بإفراز مواد كربوايدراتية صمغية تتبع مجموعة Polyuronide تعمل على ربط وتماسك حبيبات التربة .

من المعروف أنه بمجرد أن تجد المادة العضوية طريقها إلى التربة الزراعية فإنها تقع تحت تأثير الميكروبات ، فتحلل إلى مواد عديدة ، وتتحد المواد الناتجة عن تحلل المواد العضوية مع بعضها كيميائياً وطبيعياً ومع المواد غير العضوية بالتربة مكونة ما يعرف باسم soil aggregates أو تجمع حبيبات التربة . وأشار بعض الباحثين أيضاً إلى أن المواد الصمغية الناتجة عن تمثيل البكتيريا ، تعمل على تجميع حبيبات التربة . وجد Swaby عند تلقيحه لتربة معقمة بها جلوكوز بالفطر *Apsidia glauca* والفطر *Aspergillus nidulans* ، فإنها تنتج ٢٤٢ - ٣٧٤ متراً من الميسليوم بالجرام الواحد،

وهذه تعمل على تماسك حوالى من ٨٠.٣ - ٩٦.٥ ٪ من التربة . ولقد وجد أن التربة النشطة الحديثة تحتوى على حوالى ٣٨.٨ مترآ من الهيفات فى الجرام الواحد ، ولقد وجد Martin & Mc Calla وغيرهم من الباحثين أن الميكروبات تختلف فى قدرتها على تجميع حبيبات التربة لاختلافها فى إنتاج مواد متعددة كل منها له تأثير مختلف على تجميع حبيبات التربة .

ولقد أوضح Swaby وغيره من الباحثين أن هناك إلى جوار المواد التى تلتجها البكتيريا مواد معدنية وغير معدنية معقدة تعمل على تجميع حبيبات التربة مثل الطين والدوبال .

ولإضافة المواد العضوية إلى التربة مثل الأسمدة العضوية والأسمدة الخضراء والنشا والجلوكوز مثلاً تعمل على تماسك حبيبات التربة ، وذلك بتشجيع هذه المواد العضوية للميكروبات التى تكون المواد الكربوهيدراتية الصمغية . ولقد وجد أن الفطريات والبكتيريا التى تفرز هذه الصمغ (منتجات ثانوية نديجة لعملية التمثيل) هى الميكروبات الهامة فى تجميع حبيبات التربة ، يليها الاكتنومييسيس ثم الخيرة ثم البكتيريا الأخرى . وقد تقوم بعض ميكروبات التربة بتحليل هذه المواد الصمغية الرابطة وبذلك تحدث ما يعرف بالتفتيت disaggregation وهو عكس التجميع .

المنطقة المحيطة بالجذور

The Rhizosphere

أدخل هذا الإصطلاح هلتنر Hiltner (سنة ١٩٠٤) ليعبر به عن المنطقة التى حول جذور النباتات الراقية مباشرة ، حيث يزداد فيها نشاط الميكروبات ، كذلك عبر هذا الإصطلاح فى وقت من الأوقات عن العلاقة الوثيقة بين ميكروبات التربة الزراعية وجذور النباتات الراقية .

وحديثاً قسمت المنطقة المحيطة بالجذور إلى قسمين :

١ - سطح الجذور Root surface

٢ - الريزوسفير The Rhizosphere

ويعبر عنهما بمنطقة الجذور Root Region

ويمكن دراسة الريزوسفير بوضع شرائح زجاجية حول الجذور ثم تستخرج من التربة على فترات ، وتصبغ ، وتدرس الميكروبات التي عليها . فهذه الطريقة توضح لنا تأثير الجذور في تشجيع نمو وتكاثر أنواع خاصة من الميكروبات .

وقد دلت فعلاً هذه الطريقة على أن أنواع كثيرة من البكتريا والاكيتينوميسيس والفطر تجد المنطقة المحيطة بالجذور مرتعاً خصباً للنمو .

وجذور العائلات النباتية المختلفة تشجع نمو أنواع خاصة من الميكروبات ، فالميكروبات التي تنمو حول الريزوسفير لنبات بقولي مثلاً مثل الفول تختلف عن الميكروبات النامية حول جذور نبات نجيلي مثل القمح ، وذلك لأن إفرازات جذور نبات الفول تختلف عن جذور نبات القمح . ولقد وجد أيضاً أن نباتات العائلة الواحدة تشجع جذورها نمو أنواع مختلفة من الميكروبات ، فمثلاً البرسيم يشجع أنواع من الميكروبات قد تختلف عن التي يشجعها نبات الفول بالرغم من أنهما يتبعان عائلة واحدة .

وقد تستعمل المواد العضوية في تشجيع ونمو ميكروبات خاصة في الريزوسفير ، والتي تستطيع أن تضاد Antagonise فعل الميكروبات المرضية فاستعمال الأسمدة العضوية والأسمدة الخضراء يشجع نمو

الميكروبات التي تفرز مواد مضادة Antibiotics التي تحبط نشاط الميكروبات المرضية .

واقـد وجد أن كثيراً من البكتريا تنمو بنشاط بل تفضل أن تعيش في منطقة الريزوسفير ، وخصـراً عند سطح الجذور مباشرة ومنها الميكروبات الآتية :

١ — الميكروبات المبتة لتروجين الهواء الجوي .

٢ — الميكروبات المحللة للسليولوز .

وهذين النوعين يوجدان حقيقة بكثرة حول الجذور .

ولقد تمكن Starkey من تعيين نوعين من المواد تمد بها جذور النباتات الميكروبات التي حولها وهما :

١ — مواد قابلة للذوبان تفرز من الجذور في التربة .

٢ — خلايا الجذور الميتة التي تنفصل باستمرار منها مثل الشعيرات الجذرية وغيرها .

هذان هما المصدران الهامان للمنطقة المحيطة بالجذر ، غير أن هناك عوامل أخرى أقل أهمية مثل امتصاص الأملاح المعدنية نتيجة لامتصاص الجذور ، وبالتالي جفاف التربة نسبياً حولها ، وكما نجد نسبة الكربونات مرتفعة حول الجذور نتيجة لثاني أكسيد الكربون الناتج عن التنفس . ولا يخفى ما لذلك كله من تأثير في نمو الميكروبات الموجودة في المنطقة حول الجذور .

ولقد وجد Starkey (سنة ١٩٥٨) في استعراض لهذا الموضوع أن الريزوسفير هو المكان أو القاعدة التي يحدث بها نشاط ميكروبيولوجي

كبير بالتربة الزراعية ، وهي منطقة هامة جداً لأن هذا النشاط له تأثير كبير على النباتات . إذ أن نشاط الميكروبات في هذه المنطقة يؤثر تأثيراً كبيراً على نمو النبات . والعلاقة بين النباتات وبين الميكروبات التي توجد في نطاق جذورها تظهر واضحة في التعاون الظاهر بين النباتات البقولية وميكروبات العقد الجذرية ، ومن النباتات المخروطية وكذا الموالح وبين الميكوريزا . وعلى العموم فدراسة الميكروبات الموجودة حول جذور النباتات يوضح لنا علاوة على صور التعاون بين النباتات وميكروبات التربة فانه يظهر علاقة بين الميكروبات وجذور النباتات . فلقد وجد Louw & Webley (١٩٥٩) أن عدد البكتريا المنتجة للأحماض والمذيبة للفوسفات الغير قابلة للذوبان يزداد في العدد حول جذور بعض النباتات .

وجدير بالذكر أن أشياء كثيرة لم تعرف مثل مدى امتصاص النباتات للمواد الناتجة عن تمثيل هذه الميكروبات وتأثيرها على نمو هذه النباتات .

وتؤثر جذور النباتات تأثيراً واضحاً على نشاط الميكروبات في هذه المنطقة حيث تفرز هذه الجذور مواد عضوية وغير عضوية تشجع نمو ميكروبات خاصة .

و مدى أثر الجذور في الميكروبات النامية حولها نسبة إلى الميكروبات النامية في التربة بعيدة عن الجذور بحوالى ٢٠ سم تقريباً يعبر عنه R/s Ratio أو Rhizosphere/soil ، وهذه العلاقة هي عبارة عن :

$$\frac{\text{عدد الميكروبات النامية في المنطقة المحيطة بالجذر}}{\text{عدد الميكروبات النامية في التربة بعيدة عن الجذر}} \text{ محسوبة على أساس الوزن الجاف.}$$

أما من حيث توزيع أنواع الميكروبات ونسبتها حول الجذور فيختلف من نبات إلى آخر . فلقد وجد بعض الباحثين مثلاً أن حوالى ١٣٪ من الميكروبات التي تعيش بعيداً عن منطقة الريزوسفير سالبة لصبغة جرام ، بينما وجدت بنسبة تبلغ حوالى ٢٣٪ في ريزوسفير بعض النباتات . وعلى

العموم فهذه النسبة تتفاوت من نبات إلى آخر . وجد بعض الباحثين أن الميكروبات الآتية هي السائدة بوجه عام في ريزوسفير كثير من النباتات :

1. *Pseudomonas* sp.
2. *Xanthomonas* sp.
3. *Achromobacter*
4. *Cytophaga*

وهذه الميكروبات تستطيع أن تمثل الأحماض الأمينية والإفرازات الأخرى لجذور النباتات .

الجدول رقم (٢٩) يوضح كثافة الميكروبات حول الجذور عن التربة المزروع بها بعض النباتات البقولية والغير بقولية ، ويلاحظ أن عدد الميكروبات حول جذور البقوليات كبير بالنسبة للنباتات الأخرى ويرجع ذلك لإفرازات الجذور وما عليها من عقد بكتيرية غنية بالمواد الغذائية التي تشجع نمو الميكروبات بكثرة .

جول (٢٩)

عدد الميكروبات بالجرام الواحد (وزن جاف) في التربة وفي منطقة جنور
بعض النباتات ، مقدرا على بيئة مستخلص التربة لتقدير البكتريا وبيئة
وكسمان لتقدير الفطريات

النباتات	بيئة إجار مستخلص التربة العدد الكلى عدد البكتريا العدد بالمليون	بيئة وكسمان الفطريات العدد بالآلاف	للعدد الكلى R/s Ratio
قطن جيزة ٢٦ التربة المزروعة بالقطن	٥٦٠٤٠٠ ٢٦٠٦٤٠	١٠٥١٠ ٣٠١٠٨	٢٠١٢
طماطم التربة المزروعة بالطماطم	١٧٤٠١٦ ١٥٠٢٦	١٠١٨ ٠٠٨٢	١١٠٤١
كتان التربة المزروعة بالكتان	٣١٠٢٧ ٦٣	١٠٥١ ٠٠٦٠	٣٠٣٧
فول بلدى التربة المزروعة بالفول البلدى	٤٣٤٠٣٧ ٣٣٠٨٣	٠٠٥٢ ٢٠٥٨	١٧٠٢٢
البسلة التربة المزروعة بالبسلة	١٦٧٠٨٠ ٨٠٥٢	٠٠٧١ ١٠٩٦	١٩٠٦٩
برسيم مصرى التربة المزروعة بالبرسيم المصرى	٣٧٥٠٥ ٥٠٠٠٩	١٨٠٨٩ ٠٠٧٣	٧٠٤٩

ومن العوامل الهامة التي تؤثر في نمو الميكروبات حول الجذور هو نوع النبات وعمره وطبيعة التربة ومعاملاتها . فمثلا جذور نبات البرسيم الحجازي لا تشجع نمو الفطريات بينما جذور نبات الباذنجان تشجع نموها . بل أنه يمكن القول على وجه التحديد أن جذور الأصناف المختلفة لنبات ما يشجع نمو ميكروبات يختلف بعضها عن بعض . وهذا من الأهمية بمكان عند دراسة الأصناف المقاومة والغير مقاومة لمرض ما . ولقد وجد مثلا أن صنف من الموز يستطيع مقاومة مرض فطري يسمى Panama disease يسببه فطر *Fusarium oxysporum* تحتوي منطقة الريزوسفير التي حول جذوره على ميكروب مضاد Antagonistic الميكروب المسبب لهذا المرض، بينما الأصناف الأخرى المعرضة للإصابة بهذا المرض لا تحتوي على هذا الميكروب . ولقد وجد كثير من الباحثين أن كثيراً من البكتريا خصوصا العصوية المتجزمة التابعة لجنس *Bacillus* لها مقدرة كبيرة في إحباط نمو الفطريات التي تسبب أمراضاً بالنباتات، فلقد وجد Parter (١٩٢٤) أن بعض هذه البكتريا يستطيع إحباط نمو *Helminthosporium Sp.* الذي يصيب بادرات القمح، كما عزل رودرت وفوتر Rudort & Foter (١٩٤٧) أنواع من البكتريا من التربة الزراعية التي تنتج مضادات الحيوية والتي تشبه bacillin التي ينتجها *B. subtilis*

ولقد وجد Christensen and Davis (١٩٤٠) أن المواد المضادة للحوية التي تفرزها *B. mesentericus* تحبط نمو *Helminthosporium sativum* الذي يتطفل على بادرات القمح والشعير. ولقد وجد كثير من الباحثين مثل هذه النتائج ، وكما درسوا ريزوسفير كثير من النباتات وهم عديدين منهم : (١٩٥٥) Veasudeva and Chakravarthi و (١٩٥٤) Krstic و (١٩٥٤) Morton and Stroube ونعيم ومحمود وحسين (١٩٥٧) ومنتصر ومصطفى وعلوان (١٩٥٨) وقدرى ومحمود وسلامة (١٩٦٠) وعلوان ومحمود (١٩٦٠) وغيرهم من الباحثين .

تأثير النباتات على ميكروبات التربة الزراعية

كما رأينا من الفوائد الجمة التي تقدمها الميكروبات للنبات ، فإن للنباتات تأثير كبير في نمو ونشاط ميكروبات التربة الزراعية . وفيما يلي ملخصاً لهذا التأثير :

١ - تفرز النباتات مواد عضوية وغير عضوية قابلة للذوبان، والتي تتخذ منها الميكروبات وسطاً ملائماً لنموها، ومن هذه المواد حامض الفورميك والاكساليك والماليك والسكريات والفوسفات والمركبات الازوتية وغيرها، وهذه تشجع نمو البكتيريا والفطر .

٢ - الخلايا التي تنفصل من الجذور مثل الشعيرات الجذرية والقلنسوة وخلايا الابدوم تمد الميكروبات بالطاقة اللازمة لها للنمو والتكاثر .

٣ - تقوم الجذور بامتصاص وتخفيف تركيز بعض الاملاح من الوسط المحيط بها، مثل النترات والفوسفات وأملاح البوتاسيوم، وهذا يحدث تغييراً في تركيز محاليل التربة وبالتالي يعدل من نمو ونشاط الميكروبات بالتربة الزراعية .

٤ - تخرج جذور النباتات كمية كبيرة من ك⁺ نتيجة لتنفس الجذور، وهذا يؤثر في تركيز أيون الإيدروجين ويساعد في إذابة كثير من الأملاح المعدنية الغير قابلة للذوبان .

٥ - تمتص الجذور كثيراً من الماء في التربة مما يؤدي إلى انخفاض نسبة الرطوبة فيؤثر تأثيراً ضاراً على نمو الميكروبات إذا ما كانت الرطوبة غير كافية

٦ - تعدل النباتات في الخواص الطبيعية التركيبية للتربة الزراعية، وبذلك تساعد على إيجاد الوسط الملائم لنمو البكتيريا الأخرى .

٧ — تزيل الجذور القترات من التربة الزراعية (٥-١٠ م) تاركة القاعدة مثل ص أو ب . . الخ، التي تؤثر في خواص التربة الكيماوية والطبيعية مثل رقم (pH) الذي له تأثير كبير على نمو الميكروبات ونشاطها .

تأثير الميكروبات على نمو النباتات

Influence of Soil Microorganisms upon plant growth

تلعب الميكروبات دوراً هاماً ورئيسياً في نمو النباتات ووفرة محصولها كما سبق القول ، ويجدر بنا أن نذكر فيما يلي ملخصاً لما تقوم به الميكروبات :

١ — تقوم الميكروبات بتحليل المواد العضوية مثل بقايا النباتات والحيوانات محولة إياها إلى الصورة المعدنية Mineralization ، معطية أملاح النتروجين والفوسفور والكبريت وغيرها اللازمة لنمو النباتات ، وكذلك تفتح كمية كبيرة من كـ أم اللازم للتمثيل الكربوني .

٢ — تقوم الميكروبات بأكسدة كثير من الأملاح مثل أملاح الأمونيوم والكبريت سواء المضافة للتربة أو الناتجة عن تحليل المواد العضوية ، وبذلك تحور في تركيب هذه الأملاح تحوراً يلائم امتصاص الجذور .

٣ — تقوم الميكروبات بمنافسة النباتات في الحصول على الأملاح الغير عضوية مثل النترات وأسلح الأمونيوم وغيرها التي تثبت في خلاياها . ولكن يعتبر ذلك مدخراً للنبات ، لأنه بعد موت هذه الميكروبات فإنها تتحلل إلى الصور المعدنية المتقدم ذكرها ، هذا علاوة على أن هذه الأملاح تضيع في ماء الصرف إذا كانت بكميات كبيرة ، كذا إذا كانت الأرض متروكة بدون زراعة (شراقي) ، وعلى ذلك فإن فعل الميكروبات في تثبيت هذه الأملاح في خلاياها مفيد ، إذ أن هذا التثبيت مؤقت .

٤ — تحت تأثير عوامل خاصة تقوم الميكروبات باختزال النترات والكبريتات إلى مواد ربما تكون ضارة بالنباتات أو على الأقل تجعلها غير قابلة للتمثيل .

٥ — تعيش بعض الميكروبات معيشة تبادل المنفعة مع النباتات مثل بكتريا العقد الجذرية في البقوليات ، وغيرها من البكتريا تفيد النباتات والتربة وتثبت كثير من نتروجين الهواء الجوى ، وجدير بالذكر أيضا أن نشير إلى الميكوريزا - التي تعيش على جذور كثير من الأشجار وتعمل عمل الشعيرات الجذرية في امتصاص الماء والأملاح في التربة .

٦ — يمكن لبعض البكتريا والفطر والاكثنوميسيس أن تغزو جذور النباتات أو أن تعيش عليها في المنطقة المسماة بالريزوسفير ، وهذه الميكروبات تؤثر تأثيراً كبيراً في نمو النباتات وذلك عن طريق إفرازاتها مثل الهرمونات أو عن طريق عوامل أخرى كتحويل المواد العضوية إلى الصورة المعدنية .

٧ — تكوين كأم وكذا الأحماض العضوية بواسطة الميكروبات يزيد من ذوبان أملاح التربة الزراعية خاصة الكربونات والفوسفات ، كذا تكوين الأحماض المعدنية مثل حامض الأزوتيك والأزوتيت والكبريتيك تساعد على إذابة كثير من المركبات الغير قابلة للذوبان .

وحيث أن ميكروبات التربة تؤثر تأثيراً كبيراً على تركيز غازات التربة مثل كأم ، أم فإنها كذلك تؤثر عن طريق غير مباشر في نمو جذور النباتات الراقية .

٨ — تقوم الميكروبات بالعمل على جعل الفوسفات الغير قابلة للذوبان في متناول النبات .

٩ — تؤثر الميكروبات تأثيراً نافعاً في إنبات البذور ونموها وذلك عن طريق إفرازاتها للهرمونات والاكسينات .

تأثير بعض العمليات الزراعية على ميكروبات التربة

تلعب العمليات الزراعية في التربة دوراً كبيراً في محتويات الأرض

الميكروبية، وفيما يلي العمليات الزراعية وما تقوم به من تأثير في نشاط محتويات التربة البيولوجية :

١ — الزراعة :

زراعة التربة تساعد في تهويتها وحيث أن معظم ميكروبات التربة الزراعية هوائية فإنها تساعد على نمو وتكاثر هذه الميكروبات ، الأمر الذي يساعد أيضا على زيادة معدل تحليل الدوبال .

٢ — الصرف Drainage :

وهو أيضا أحد العوامل التي تساعد على تهوية التربة والتخلص من الأملاح الضارة التي قد تحدث من نشاط الميكروبات النافعة .

٣ — التسميد Manuring :

فالأسمدة العضوية تمد البكتريا بالغذاء اللازم لها حيث أنها مصدر للطاقة، وتزيد من الدوبال في التربة، وتحسن خواص التربة الطبيعية. وإذا لم يستفيد النبات من الأسمدة عاجلا فإنه يستفيد منها آجلا كما سبق شرحه (أنظر

نسبة $\frac{ك}{ن}$)

الأسمدة الغير عضوية : تتنافس النباتات مع الميكروبات عليها وعلى العموم ليس لها تأثير كبير على الميكروفلورا .

٤ — معالجة التربة بالجير Liming :

وهي تساعد في تعادل التربة الحامضية ، وحيث أن أغلب البكتريا تفضل نموها حالة التعادل أو القلوية ، فإن هذه المعاملة تساعد على نشاط ميكروبات

التربة ، هذا وتزيد أيضا من تهوية التربة الزراعية نتيجة لخاصية تجمع حبيبات التربة.

• -- الدورة الزراعية أو تعاقب المحاصيل :

وهذا له تأثير كبير في زيادة نشاط ميكروبات التربة الزراعية، فالمعروف أن جذور النباتات (العائلات المختلفة) لها إفرازات خاصة تشجع نمو أنواع خاصة من الميكروبات ، فإفرازات جذور النباتات البقولية مثلا تختلف عن النباتات النجيلية، ولكل منها ميكروبات خاصة تعيش حول هذه الجذور (أنظر الريزوسفير) ، ويمكن إثبات ذلك بواسطة شريحة زجاجية تلتصق بجوار الشعيرات الجذرية ثم معرفة الميكروبات التي تنمو حولها، وهذا ما يسمى بالـ Rhizosphere ، هذا علاوة على أن الشعيرات الجذرية تترك النباتات بعد مدة وتتحلل ، فتزيد من المسواد العضوية ، الأمر الذي يساعد على نشاط الميكروبات ونموها . وحيث أن المجموع الجذري في النباتات يختلف ، فبعضه وتدى والبعض الآخر سطحي ، فتعاقب المحاصيل يزيد من المواد العضوية في الطبقة السطحية والطبقة التي أسفلها.

تأثير التجفيف (الشراقي) على خصوبة التربة

Effect of driving "Sharaki" on soil fertility

يقصد بالشراقي نغريض التربة الزراعية للجفاف والحرارة الشديدة وأشعة الشمس في مدة الصيف ، فيتسبب عن ذلك جفاف التربة الزراعية وانكماشها وتشققها، فينشأ عن ذلك تحسن في تهويتها إلى أعماق كبيرة فتصبح المادة العضوية التي تحتويها أكثر قابلية للتحلل وتزداد نسبة الأزوتات بالتربة. ولما كانت نسبة الرطوبة في التربة لا تسمح بالنشاط الحيوي أثناء ترك التربة شراقي فإن التغيرات المذكورة تحدث بطرق كيميائية .

وهذه الطريقة معروفة منذ أزمان بعيدة لدى المزارعين المصريين ، فكان من المعتاد ترك الأرض التي سبق زراعتها بالمحاصيل الشتوية والتي يحصد محصولها عادة في مايو أو يونيو بدون زراعة فترة الصيف . ولكن المتبع أن فترة الشراقى هذه تنتهى بزراعة المحاصيل النيلية وتكون في يوليو أو النصف الأول من أغسطس أو قد تترك الشراقى إلى أن تزرع المحاصيل الشتوية في شهر سبتمبر أو أكتوبر . ولقد وجد المزارعون أن المحصول المزروع بعد فترة الشراقى هذه يعطى غلة وفيرة .

ويعتقد أن هناك عاملان هامين يؤثران في زيادة خصوبة التربة أثناء فترة الشراقى وهما التجفيف والحرارة . فلقد وجد Prescott سنة ١٩١٨ أن سطح التربة في أراضي الشراقى قد تصل درجة حرارته إلى ٦٨° م . كما وجد Prescott and Piper سنة ١٩٣٠ أن الرطوبة الكلية بالتربة قد تصل إلى ٤ - ٥ ٪ في هذه الفترة ، وهذا الجفاف من شأنه أن يحدث تشققا غائرا في التربة الزراعية تجعل حرثها غير مستطاعا ولذا فإنها تروى قبل ذلك . ولقد أجريت عدة أبحاث في مصر على أرض الشراقى وتأثيرها على خصوبة التربة ، ووجد أن ترك الأرض شراقى يحدث زيادة مطردة في الأزوتات وأملاح الأمونيوم في التربة . وهذه الزيادة كانت أعلى في أرض تركت شراقى بعد برسيم عنها بعد قمح .

ولقد درس (سليم وآخرون) تأثير الشراقى على النيتروجين بالتربة الزراعية ، واختير لإجراء هذه التجربة قطعتان من الأرض واحدة بعد قمح والاخرى بعد برسيم وترك القطعتان شراقى في الفترة المحصورة بين حصاد المحصول الشتوى إلى زراعة المحصول النيلي ، ثم رويت التربة . ثم صممت التجربة على النحو التالى :

١ - تركت قطعة بدون زراعة (أى شراقى) إلى أن زرعت بالمحصول الشتوى .

٢ - زرعت قطعة ذرة نيلي .

٣ - تركت قطعة بدون زراعة ولكن رويت كلما رويت الذرة النيلى :
بعد حصاد الذرة النيلى زرعت الثلاث قطع بالفل . أخذت عينات من
التربة من كل المعاملات قبل الرى يوم ، كما أخذت عينات من التربة المزروعة
بالفل قبل الزراعة ، ثم فى طور التزهير وعند تكوين القرون وقبل الحصاد
حللت عينات التربة للنتروجين الكلى وأملاح النتريت والأمونيا وفيما
يلى ملخصا لما وجدته الباحثون :

١ - وجد أن التربة تحتوى عموما على كمية قليلة من النتروجين الغير
عضوى سواء بعد محصول البرسيم أو القمح وتزداد ببطء فى فترة الشراقي .
وعندما كانت نسبة الرطوبة الكلية أقل من ١١.٧ ٪ أخذت نسبة أملاح
الأمونيوم فى الزيادة عن أملاح النتريت ، ولكن العكس حدث عندما كانت
الرطوبة أكثر من ذلك .

٢ - كانت أملاح النتروجين الغير عضوية زائدة فى أراضى الشراقي بعد
محصول البرسيم عنها بعد محصول القمح .

٣ - وجد أن رى أراضى الشراقي يزيد من أملاح النتروجين
الغير عضوية .

٤ - عندما تركت الأرض شراقي (فترة ثانية) إلى المحصول الشتوى
لم يشاهد أى زيادة تذكر فى أملاح النتروجين الغير عضوية عن المتكونة
فى الفترة الأولى .

٥ - توالى رى أراضى الشراقي بسبب تسرب النتريت إلى أعماق غائرة
بسبب الرش أو قد يحفظ أملاح النتروجين فى مستوى ثابت تقريبا .

٦ - الذرة يزيل أملاح النتروجين المعدنية فى التربة .

٧ - أملاح النتروجين المعدنية الموجودة بالتربة تحت الفل تزداد زيادة
مطرده حتى فترة التزهير ثم تأخذ فى الانخفاض حتى الحصاد ، وعادة تكون
الزيادة ملحوظة عندما تكون التربة فقيرة فى أملاح النتروجين أى بعد الذرة النيلى .

التعاون والتضاد بين ميكروبات التربة الزراعية

Associative and Antagonistic effects of Soil Microorganisms

تعيش الميكروبات في التربة الزراعية لا كمزارع نقية ، ولكن تعيش مختلطة مع بعضها البعض ، ففي كل جزء من التربة نجد عدة أنواع من هذه الميكروبات ، وتعتمد هذه الميكروبات على بعضها في تحليل المواد العضوية الصعبة التحلل فينتج عن هذا مراد عضوية بسيطة تستفيد منها ميكروبات أخرى وهكذا .

بعض الميكروبات تفرز مراد توقف نمو ميكروبات أخرى ، وهذه المراد تسمى مراد ميكروبية مضادة للميكروبات Antibiotics . ولقد استغل الإنسان هذه المراد لغرض العلاج ، وكان لاكتشاف فلينج Fleming للبنسلين أثر عظيم في علاج كثير من الأمراض ، وتبع ذلك عدة اكتشافات أخرى المراد المضادة مثل الاستربتوميسين والإروميسين والترايميسين والستلين وغيرها . وتستعمل هذه المراد المضادة في علاج أمراض الإنسان والحيوان والنبات الفتاكة التي تسببها البكتيريا المرضية . وما يشاهد في التعاون بين بعض الميكروبات وبعضها الآتى :

١ — تأثير الميكروبات الهوائية في نمو الميكروبات اللاهوائية وذلك باستهلاك الأولى للأوكسوجين .

٢ — تحضير غذاء خاص بواسطة نوع ما من البكتيريا والذي يفيد نوع آخر ، ومثال ذلك الميكروبات التي تحلل البروتينات إلى أمونيا ، وهذه هامة لميكروب النتروزوموناس التي تؤكسدها إلى NO_2^- ، وهذه هامة للنيتروبيكتر التي تؤكسدها إلى NO_3^- .

كذلك الميكروبات المحللة للبروتينات Proteolytic فهي تحلل

البروتينات إلى أحماض أمينية ، وهذه تفيد أنواع خاصة من البكتريا ذات التغذية المعقدة وكذلك الأنواع التي ليس لها القدرة على تحليل البروتينات باستعمالها كمصدر للأزوت .

والميكروبات التي تحلل السليلوز معطية أحماض عضوية ، وهذه تفيد كثيراً الميكروبات التي لا تستطيع أن تحلل السليلوز مثل الأزوتوبكتريا التي تستعمل هذه الأحماض للحصول منها على الطاقة اللازمة لها وتثبت أزوت الهواء الجوى .

٣ — تكوين المواد المنشطة للنمو Growth Promoting Substance مثل الفيتامينات بواسطة أنواع خاصة من البكتريا وهذه الفيتامينات مهمة جداً لنمو أنواع أخرى من البكتريا .

٤ — تقوم بعض الميكروبات بإفراز مواد تالفة خاصة ، وهذه سامة لبعض الميكروبات الأخرى . ولكن تستطيع بعض الميكروبات أن تمثل وتحلل هذه المواد السامة وبذلك تفسح المجال للميكروبات الأخرى التي تتأثر بهذه المواد السامة من النمو والتكاثر .

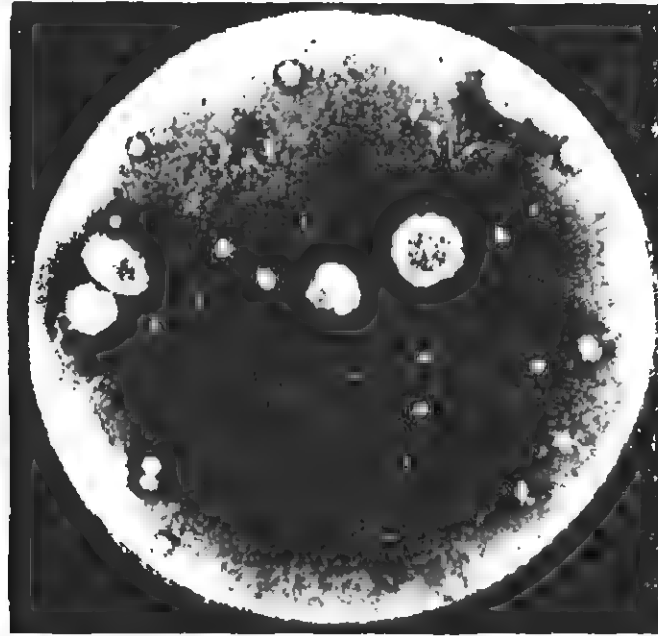
٥ — تعتمد بعض الميكروبات على غيرها اعتماداً كبيراً حتى أصبح هذا التعاون قوياً لدرجة تبادل المنفعة Symbiosis ، ومن أمثلة ذلك الطحالب التي تمد الأزوتوبكتريا بالمواد الكربوهيدراتية اللازمة للحصول على الطاقة ، أما الأزوتوبكتريا فتمد هذه الطحالب بالمواد الأزوتية بتثبيت نيتروجين الهواء الجوى ، كذلك العلاقة بين النباتات البقولية وبكتريا العمد الجذرية ، كذلك الميكوريزا وجذور أشجار الصنوبر ، وكذا الحشرات والبكتريا والفطر والحشرات والأكستينرميسيس وهذه تعطى الحشرات المواد المنشطة للنمو والحشرة تمد الميكروب بما يحتاجه من غذاء . كذلك الميكروبات التي تعيش في كرش الخيول المجتر . . الخ ،

التضاد Antagonism :

والتضاد يمثل بصورة واضحة أيضاً بين ميكروبات التربة الزراعية ، ومعناه أن ميكروباً ما يستطيع أن يوقف نشاط ميكروب آخر سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة .

وفيما يلي صور التضاد التي تشاهد بين ميكروبات التربة الزراعية :

١ — التنافس بين الميكروبات على المواد الغذائية . وهذا قد يحدث بين ميكروبات من نوع واحد ، أو بين ميكروبات تتبع مجاميع مختلفة مثل البكتيريا والفطر أو الفطر والأكتينوميسيس .



(شكل ٥٠)

التضاد بين بكتيريا وبكتيريا وبين فطر وبكتيريا

٢ — إيجاد أو إحداث ظروف ضارة ببعض الميكروبات الأخرى مثل جعل الوسط (البيئة) حامضية لتأثير كالبكتيريا التي تؤكسد الكبريت أو الأمونيا منتجة لحامض الكبريتيك أو حامض الأزوتيك أو البكتيريا المكونة للأحماض العضوية مثل حامض الستريك والإكساليك والفورميك والبيوتريك واللاكتيك وغيرها من الأحماض .

وهذه الأحماض تخفض رقم pH ، وهذا غير مناسب لنمو كثير من الميكروبات، وعلى هذا تجب معادلاتها.

٣ - إفراز ميكروبات لمواد خاصة مثل الكحولات والكينونات والمواد الميكروبية المضادة للميكروبات ، التي تؤثر تأثيراً ضاراً على نمو ونشاط الميكروبات الأخرى ، وكذا السموم وتسمى توكسينات التربة Soil Toxins ، وبعض هذه المواد مازال تركيبها مجهولاً .

٤ - تطفل بعض الميكروبات على الأخرى مثل الفطر والبكتريا على الحشرات الضارة اقتصادياً . والفيروسات على البكتريا .

٥ - تتغذى بعض الكائنات على بعضها البعض مثل البروتوزوا التي تتغذى على البكتريا . وتتغذى الحشرات على الفطريات والنباتات على بعضها البعض .

كثير من الميكروبات يمكنها أن تفرز مواد تضر بنموها وتسمى isoantagonistic ، أو الميكروبات الأخرى التي توجد في نطاق نموها heteroantagonistic

ويمكن ملاحظة ذلك عند عزل الكائنات الحية الدقيقة من التربة الزراعية على بيئة مغذية مثل بيئة الأجار المغذى مثلاً ، فيلاحظ هذا التضاد واضحاً حول مجاميع كثير من البكتريا أو الفطر أو الاكتينومييسيس، ويرجع التضاد إلى أن البكتريا مثلاً قد تنتج حامض لكتيك ويوتريك، والفطر ينتج حامض الستريك والجلوكونيك. وبعض الفطريات الأخرى تنتج حامض فيوماريك وحامض لكتيك . كذلك تنتج البكتريا والخميرة كحولات مختلفة ، كذا تنتج الفطريات فينولات وكينونات quinones

وهذه المواد عموماً وغيرها من المواد المعقدة التركيب والغير معروف

تركيبها على وجه الدقة يطلق عليها جميعاً كلمات سامة Toxic أو مميّة lethal أو محبطة للنمو growth-inhibiting وحديثاً أطلق عليها antibiotics أى مضادات الحيوية ، وهذه جميعاً مواد ناتجة عن عملية التمثيل تكونت بواسطة الميكروبات لتحميها وتساعد على البقاء .

التوازن الميكروبي : Microbial equilibrium

أن الكائنات الحية الدقيقة التى تعيش فى التربة ليست ثابتة فى العدد أو النوع دائماً ولكنها فى تغير مستمر ، فأحيانا يزداد عددها وأحيانا أخرى يقل هذا العدد، وقد يزيد نوع عن آخر ثم يقل وهكذا، فالميكروبات فى اختلاف باستمرار ، فأى تغير يطرأ على التربة أو الظروف المحيطة بها ينشأ عنه اختلاف فى عدد وأنواع الميكروبات بهذه التربة. وجدير بالذكر أن ميكروبات التربة تعتمد على بعضها البعض فى الحصول على غذائها . فالعلاقة الوثيقة بين ميكروبات التربة لا تمكننا فقط من دراسة الخواص البيئية لهذه الميكروبات تحت ظروف خاصة ، بل يتعداه أيضا لدراسة نواتج عمليات التمثيل الناتجة عن نشاط هذه الميكروبات، فبعض الميكروبات قد تفرز مواد ميكروبية مضادة للميكروبات قد تهلك أو تحبط نمو ميكروبات أخرى . وحيث أن الميكروبات التى تعيش فى التربة متعددة الأنواع وتعيش مجتمعة بكميات كبيرة وبطريقة معقدة لا تمكننا من دراستها نوهى على حالتها فى التربة ، لذلك يعزل النوع الواحد ويدرس على حدة ، كما يدرس تأثيره على بعض الأنواع الأخرى ، فمثلا تدرس العلاقة بين الميكروبات الغير متجترمة فى التربة والبكتريا المتجترمة مثلا ، وكذا العلاقة بين الاكتينوميسيتس والبكتريا ، والفطريات وبعض أنواع من الفطريات الأخرى ، وكذا البكتريا المرضية والغير المرضية وكذا البروتوزوا والبكتريا .

ولقد وجد Conn & Bright أنه إذا لقحت تربة معتمدة غنية بالأسمدة بميكروبي *Ps. fluorescens*, *B. cereus* على التوالي، فإن الميكروب الأول يحبط نموه بينما ينمو الثاني بغزارة. ووجد Lewis أن ميكروب *Ps. fluorescens* يحبط نمو *B. mycoides* وغيره من البكتيريا المتجترمة والميكروبات الكرية *Microcococcus*، ولكنه وجد أن *Serratia marcescens*, *A. aerogenes* تستطيع المقاومة لحد ما، ولكن الفطريات لا تتأثر أما الخميرة فإنها تحبط لدرجة محدودة، ولكن الاكتينوميسس كانت أكثر حساسية. ولقد أكد Lewis ما وجدته الآخرون من أن المواد المهلكة للبكتيريا والمواد المحبطة للنمو هي التي تفرزها بعض البكتيريا معتمدة على كمية الأوكسوجين التي في متناولها، كما وجد أن هذه المواد لا تتأثر بالحرارة *thermostable*، ويمكن امتصاصها بواسطة الفم الحيواني والتربة. تمكن Gerig-Smith من إثبات أن الاكتينوميسس تستطيع أن تفرز مواد سامة تؤثر على البكتيريا، وعليه فإنها قد تملك العوامل التي تحد من نشاط البكتيريا في التربة. وبعض أنواع من الاكتينوميسس وجد أنها تحبط نمو البكتيريا المتجترمة، وكذا بكتيريا *S. pyogenes*، ولكنها لا تؤثر في *Ps. aeruginosa*، لأنه يستطيع أن يفرز *Pyocyanase* الذي يعتقد أنه يستطيع أن يحبط نمو كثير من الميكروبات.

والتضاد في الميكروبات قد أولى عناية كبيرة كوسيلة من وسائل إحباط نمو أو إبادة البكتيريا وغيرها من الكائنات الدقيقة التي تسبب أمراضا للإنسان والحيوان وكذلك الفطريات والبكتيريا التي تسبب أمراضا للنباتات. ولقد اقترحت عدة نظريات لشرح دوافع تضاد ميكروب لآخر وهذه النظريات يمكن تلخيصها في الآتي:

١ - نفاذ المواد الغذائية في البيئة أو في المستخلص.

٢ - تغييرات كيميائية طبيعية في البيئة من شأنها التأثير في نشاط الآخر

وهذه تشمل التغير في الضغط الأسموزي والجذب السطحي والتأثير وغيرهما مثل
Oxidation — reduction potential

٣ — التضاد من أجل المكان Space antagonism وهو التنافس من
أجل الحيز في البيئة .

٤ — إفراز أنزيمات خاصة إما نتيجة لظروف التضاد نفسها أو كنتيجة
لتحلل الخلايا الميتة من تأثير التضاد وهذه الانزيمات لها القدرة على تحليل
وإذابة خلايا كائنات أخرى .

٥ — إبادة أحياء دقيقة لبعضها مثل إبادة البروتوزوا للبكتيريا ،
أو تطفل ميكروبات على بعضها .

٦ — إنتاج وإفراز مراد خاصة بواسطة ميكروبات معينة، وهذه لها
قدرة إحباط نمو وأهلاك بكتيريا معينة أو إحباط نمو وإهلاك فطريات
مميئة Fungistatic and fungicidal أو كليهما، وتسمى هذه المواد مضادات
حيوية Antibiotics .

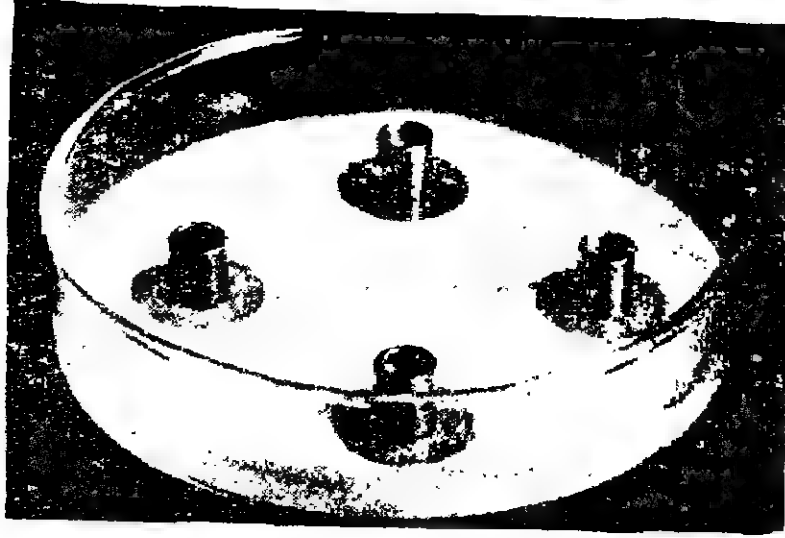
من هذه النظريات المذكورة نرى أن الإثنين الأخيرين يستحقان
الاهتمام من ناحية العمليات الميكروبيولوجية التي تحدث بالترتبة وتأثيرها
على نمو النباتات .

تحضير المواد الميكروبية المضادة للميكروبات

Production of Antibiotic Substances by Microorganisms

لقد أثار موضوع مضادات الحيوية الاهتمام الكبير في السنين القليلة الماضية .
نظر الاستعمالها في الأغراض الطبية . وتستخرج هذه المواد من ميكروبات التربة ،
وهي تقسم عادة على أساس الميكروبات التي تنتجها فمثلا البنسلين والاستربتوميسين
والاكتينوميسين ، أو على أساس الميكروبات التي تتأثر بها مثل Mycocidin ،
أو على أساس التركيب الكيميائي مثل Chloramphenicol . وهي تختلف

عمرها في الخواص الكيميائية وسميتها بالحيوانات، كما يختلف تأثيرها في الأطباق
vivo عن تأثيرها في الحيوان



(شكل ٥١)

Plate cylinder method

طريقة الاسطوانات لتقدير المضادات الحيوية

وجد أن العديد من الميكروبات المعزولة من التربة لها القدرة على
إنتاج مضادات حيوية فثلا وجد من الأكتينوميسس الذي أختبر حوالى
١٠ - ٥٠٪ له هذه الخاصية، كما وجد أيضا أن الميكروبات المتجرّثة
والميكروبات الغير المتجرّثة تستطيع أن تنتج مضادات حيوية، ومن هذه
المضادات التي تفرزها الميكروبات المتجرّثة الآتى :-

Tyrothricin, Subtilin, and Polymyxin.

أما المضادات التي تفرزها الميكروبات الغير متجرّثة فتشمل :

Pyocyanase, pyocyanin, prodigiosin, nisin and colicines.

والكثير من فطريات التربة قد أنتجت العديد من مضادات الحيوية،

وأهمها وأكثرها إنتشارا البنسايين والمضادات الأخرى تشمل :

mycophenolic acid, clavacin, gladiolic acid, chetomin, penicillic

acid, and fumigacin

٧٠ مضاد حيوى وأهمها وأكثرها شيوعا streptomycin, chloramphenicol,

aureomycin, terramycin and neomycin.

ولقد استعملت بكثرة في كثير من الأغراض الطبية ، أما المضادات
الآخري فهي actinomycin, streptothricin, actidione, streptocin,
xantomycin, viomycin, antimycin, fungicidin and fradycin.

وحيث أن الميكروبات التي تفرز المواد الميكروبية المضادة للميكروبات
بطبيعتها ميكروبات تربة ، فجدير بنا أن نسأل عن أهمية هذه المواد في
العمليات البيولوجية التي تحدث بالتربة. فلقد وجد مثلاً أن بعض البكتريا
ذات التأثير المفيد والآخرى ذات التأثير الضار تتأثر بالمواد الميكروبية
المذكورة، ومن النوع الأول مثلاً بكتريا العقد الجذرية والازوتوبكتريا
ومن النوع الثاني البكتريا التي تسبب أمراضاً بالنباتات .

فيما يختص بالمواد الميكروبية المضادة للميكروبات في التربة وموضوعها
في التربة قد أثار احتمالات عديدة ، فالبعض يعتقد أنه ليس لها تأثير يذكر
على حيوية التربة وفيما يلي الأسباب التي تعزز هذا الرأي :

- ١ - يتوقف إفراز الميكروبات المواد المضادة على وجود مواد غذائية
خاصة وهذه عادة لا توجد بالتربة العادية .
 - ٢ - الكثير من هذه المواد يتحلل بواسطة ميكروبات التربة .
 - ٣ - ميكروبات التربة التي تتعرض لفعل المواد الميكروبية غالباً ما تنفج
سلالات تقاومها بسرعة (طفرات) .
 - ٤ - استمرار وجود الأنواع المختلفة من الميكروبات في التربة يدل
على أنها لا تتأثر بهذه المواد أو أن قدرتها ونشاطها لا يتأثر بها .
- وعلى عكس الآراء المتقدمة الذ كر يعتقد البعض أنه تحت ظروف خاصة
فإن المراد الميكروبية المضادة للميكروبات تلعب دوراً في العمليات التي تحدث
بالتربة وفيما يلي الأسباب التي تعزز ذلك :-

- ١ - وجود كميات ضئيلة من هذه المواد في التربة .
- ٢ - إفراز المواد بواسطة مزارع نقية من الميكروبات في تربة معقمة
- ٣ - احتفاظ بعض المواد بخواصها بعد إضافتها للتربة .

٤ - قدرة كثير من ميكروبات التربة على إحباط نمو كثير من الميكروبات الممرضة للنبات .

٥ - وجد أن إضافة الأسمدة البلدية والأسمدة العضوية والخضراء وغيرها له تأثير كبير في مقاومة كثير من الميكروبات الممرضة للنبات ، ويرجع ذلك إلى أن هذه الأسمدة تشجع نمو الميكروبات التي تفرز هذه المواد . فإتدوجد بعض الباحثين أن تلقيح التربة بميكروبات تفرز مضادات الحيوية ينتج عنه إحباط نمو الميكروبات المرضية .

ولقد ثبت وجود مراد سامة للنبات في التربة الزراعية ولم يعرف بعد . إذا كانت هذه المواد لها علاقة بالمواد الميكروبية المضادة للميكروبات ، ولكن من المعروف أن بعضها مثل Actinomycin & glutionsin لها القدرة على إحداث أمراض خاصة بالنبات مثل تجعد القمة . ولكن كل هذه الحقائق لم يتأكد منها بدرجة كافية لكي نجزم بفوائد هذه المواد بالتربة أو الميكروبات التي تفرزها في معالجة خصب الأرض .

الباب الثاني عشر

الطرق المتبعة في مقاومة أمراض النباتات

تنقسم الطرق المتبعة عادة لمقاومة الميكروبات الضارة بالنباتات في التربة الزراعية إلى خمسة أقسام هامة وهي :-

١ - اتباع دورة زراعية مناسبة ، إذ أن أن زراعة النبات أو النباتات التي تتبع عائلة واحدة من شأنه تكاثر وازدياد الميكروبات المتطفلة عليها ، لذلك يتبع دورة زراعية مناسبة . كما قد يستعمل عادة الأصناف المنيعه للأمراض .

٢ - تغيير الخواص الطبيعية للتربة الزراعية ، مثل إحداث تغيير في حموضة التربة ، وإضافة مواد عضوية ، واستعمال أسمدة ومواد مخصبة خاصة .

٣ - التعقيم الجزئي للتربة .

٤ - استعمال مواد كيميائية لإهلاك الميكروبات الضارة بالتربة .

٥ - اتباع طريقة المقاومة البيولوجية وذلك بتلقيح التربة بميكروب أو ميكروبات تهلك الميكروبات المرضية .
وسنتكلم على كل واحدة مما ذكر :

١ - اتباع دورة زراعية مناسبة Crop Rotation

من المعروف أن الميكروبات المرضية تستطيع أن تكون في التربة الزراعية لعدة سنين ، بل إن بعضها يستطيع أن يعيش بالتربة معيشة ترمية ، فإذا وجدت العائل الملائم انقلبت إلى الحالة التطفلية ، لذلك فاستعمال دورة

زراعية طويلة المدى قد تبلغ في بعض الأحيان ٥ - ٦ سنوات من شأنه تقليل الإصابة بالأمراض مثال ذلك مرض Club root للنباتات الصليبية والبنانود لبنجر السكر .

٢ — تغير الخواص الطبيعية والكيمائية للتربة

Physical and chemical method of soil treatment

من أهم الوسائل المتبعة لمقاومة الميكروبات الممرضة للنباتات تعديل حموضة التربة ، وذلك باستعمال مواد كيمائية من شأنها تعديل حموضه التربة إلى القلوية مثل الجير ، أو إلى الحامضية مثل إضافة الكبريت أو كبريتات الأمونيوم أو الأحماض المعدنية إلى التربة ذات الرقم الأيدروجيني ٩.٥ أو أعلى من ذلك ، ويمكن القول أن كمية الحامض أو الكبريت المضافة للتربة تتوقف على الرقم الأيدروجيني وعلى مقدار ما تحتويه التربة من مواد منظمة . ومن الجدير بالذكر أن تأثير الكبريت في مقاومة مرض البطاطس المسمى wart disease لا يعتمد فقط على الحموضة التي يحدثها الكبريت في التربة ، ولكن على تأثير الكبريت نفسه على الميكروب المسبب ، وربما يرجع ذلك إلى تأثير حامض الثيو كبريتيك thiosulfuric acid الذي يتكون عند ابتداء أكسدة الكبريت .

كذلك عند مقاومة جرب البطاطس Potato scab وكذا أمراض البطاطا فان الكبريت يلعب دوراً هاماً في مقاومة أمراضها . وإضافة الجير والأسمدة العضوية التي من شأنها أن تقلل من حموضة التربة تشجع على الإصابة بالجرب ، بينما إضافة الأسمدة الحامضية مثل أسمدة حامض الفوسفوريك التي تزيد من حموضة التربة تقلل من الإصابة بالجرب . ولقد وجد Millard أن الأسمدة الخضراء تقلل أيضاً من الإصابة بهذا المرض ، وهذا غالباً يرجع إلى الزيادة في حموضة التربة نتيجة لتحلل المواد العضوية بواسطة ميكروبات التربة وكذا لزيادة الرطوبة . فمرض الجرب العادي للبطاطس يزداد وضوحاً في المحصول

في فصول الجفاف وذلك لأن الأسستربتوميسيس المسبب لا ينشط في الأراضي الرطبة .

٣ — التعقيم الكلى أو الجزئى للتربة :

Soil sterilization and partial sterilization

وهى طريقة متبعة منذ قديم الزمن ، وكانت تجرى بواسطة حرق الحقول والغابات ، ويعتقد الكاتبان أن حرق بقايا أوراق القصب (السفير) في صعيد مصر هى إحدى الطرق البدائية للتعقيم الجزئى للتربة. والآن تتبع طرق حديثة فقد تعقيم التربة تعقيماً كلياً أو جزئياً ، وفي الحالة الأخيرة فإن جميع الميكروبات لا تقتل. والتعقيم الكلى للتربة غير متيسر لا في الحقل فقط ولكن أيضاً في الصوبات الزجاجية ، لأن التربة لا تلبث أن تلوث ثانية بالميكروبات ، علاوة على أن هذا النوع من التعقيم غير مرغوب فيه لأنه ضار بالتربة الزراعية . وقد يجرى التعقيم الكلى في التجارب العملية فقط لمعرفة خواص ميكروب ما والتفاعلات التي يحدثها في التربة في صورة مزرعة نقية ، ولكن يجرى تعقيم التربة فإننا نضعها عادة في وعاء زجاجى أو نخار مسدود المسام وتوضع في الآتوكلاف على ضغط قدره ١٥ — ٢٠ رطل لمدة ٢ — ٣ ساعات ، أو باستعمال طريقة التعقيم المتقطع في جهاز أرنولد لمدة ١ — ٢ ساعة يومياً ولفترة قدرها ستة أيام متعاقبة ، ولابد من التأكد بعد ذلك من صحة تعقيم هذه التربة وذلك بزرع جزء منها في بيئة مناسبة .

تعقيم التربة تعقيماً جزئياً وذلك لقتل كثير من الحشرات والفطريات والبكتريا الضارة والممرضة للنبات ، وتستعمل الحرارة عادة لهذا الغرض سواء أكانت حرارة جافة أو حرارة رطبة باستعمال البخار (٩٧ — ١٠٠ م). وقد تستعمل مواد كيميائية مثل المواد المطهرة الطيارة مثل ثانى كبريتور الكربون أو الفورمالدهيد أو حامض الأيدروسيانيك أو الطلويين ،

Volatile antiseptics :

Carbon bisulfide, toluol, formaldehyde and hydrocyanic acid

أو مواد مطهرة غير طيارة مثل الفينول أو الكريزول أو الكلوروبكرين .

Nonvolatile antiseptics :

Phenol, cresol and chloropicrin

وهذه المواد المظهرة عموماً لا تتراكم في التربة حيث أنها إما تنفذ بواسطة
التطايير أو التحلل بواسطة ميكروبات التربة .

وهذه الكيماويات لها تأثير خاص على ميكروبات التربة ، وغالباً ما تؤثر
على الفطريات والبروتوزوا وبعض أنواع من البكتيريا مثل بكتيريا التناز
ولكن الكثير من البكتيريا تستطيع أن تقاوم تأثير الكيماويات ، ولو أنها
تحد من نشاطها مبدئياً فإنها لا تلبث أن تتكاثر سريعاً بمجرد زوال هذه الكمية ،
ونتيجة لهذا التكاثر السريع للبكتيريا فإن المراد العضوية التي بالتربة تتحلل
سريعاً ، وبالتالي تتكون كمية كبيرة من الأمونيا التي تستعمل بواسطة النبات
مسيبة نمواً خضرياً كبيراً . وعلى ذلك يمكن القول أن التعقيم الجزئي للتربة
يشبه في مفعوله التسميد بالمواد الآزوتية . ويلاحظ بعد معاملة التربة
بالمظهرات الكيماوية أو بالحرارة أن عدد البكتيريا التي تحتويها تنخفض
إنخفاضاً كبيراً ، ثم يعقب ذلك زيادة هائلة في عددها ربما تصل إلى مستوى
أعلى مما كانت عليه ، ويترتب على ذلك انخفاض أولى في تكوين النشادر
وثاني أكسيد الكربون أولاً ثم يعقب ذلك زيادة في تكوين النشادر وثاني
أكسيد الكربون تبعاً للنمو وتكاثر البكتيريا .

وتوجد كثير من النظريات التي تفسر تأثير التعقيم الجزئي في زيادة خصوبة
التربة الزراعية ، فالبعض يعتقد أن إضافة المواد المظهرة بنسبة بسيطة إلى
التربة الزراعية يؤثر تأثيراً مباشراً في ازدياد نشاط الميكروبات في التربة
وعلى جذور النباتات . والبعض الآخر يعتقد أن نكوسينات Soil Toxins
التربة تهالك بهذه المعاملة . وآخرون يجحدون هذه المعاملة لأنها تقتل الميكروبات
الممرضة للنباتات كذلك البروتوزوا التي تعتبر من أعداء البكتيريا ، فتتكاثر
الأخيرة دون عائق .

ويعتقد الكاتبان أن التعقيم الجزئي للتربة يحدث في الأراضي المصرية
وكذا أراضي المناطق الاستوائية عن طريق غير مباشر ، وذلك في فصل الصيف

خصوصاً في أراضي الشراقي حيث ترتفع درجة حرارة التربة إلى ٦٠°م أو أكثر. وهذا يسبب موت كثير من الكائنات الحية الدقيقة، ولقد سبقت الإشارة إلى ذلك .

ومن الجدير بالذكر أن الميكروبات العنوية المتجزمة سواء الهوائية أو اللاهوائية مثل Genus Bacillus & Genus Clostridium تقاوم فعل التعقيم الجزئي، وتزداد كمية النشادر في التربة بعد تعقيمها لتحلل المواد العضوية وبقايا الميكروبات الميتة إلى أمونيا، التي لا تتحول إلى نترات ثم نترات نظراً لهلاك بكتريا التآزت بالتعقيم الجزئي، لذلك لا بد من إضافة فوسفات البوتاسيوم بكميات كبيرة لتثبت النشادر بالتربة فتتحول دون التطاير، ويمكن إجراء ذلك أيضاً بواسطة غمر التربة بالمياه Flooding .

وتشجع المطهرات المستعملة في تعقيم التربة جزئياً نمو الميكروبات التي تستطيع تحليلها، فمثلاً الفينول أو الفورمالدهيد قد تشجعان نمو أنواع خاصة من الأكتينومييسيس التي تستطيع أن تحللها، وذلك لا يقلل من أهمية إستعمالها في التعقيم حيث تقتل كثيراً من الميكروبات المتطفلة . وتمكث التربة سليمة لمدة تتراوح بين ٢ - ٣ سنوات.

٤ - استعمال مواد كيميائية خاصة :

Use of special chemicals for treatment of soil

تستعمل بعض المواد الكيميائية لمقاومة الأمراض الفطرية والنامتود في التربة الزراعية . ويستعمل الفورمالدهيد في هذا الغرض وذلك بأن تشبع التربة به وذلك لمقاومة كثير من الفطريات. وتركيز الفورمالدهيد المستعمل (٠.٤٥ ٪ - ٠.٥ ٪) يعطي نتائج حسنة لمقاومة نامتود بنجر السكر . وقد يستعمل الفورمالين بعد إستعمال البترول الخام لمقاومة Potato wart كما يستعمل كورور الزئبقيك وغيره من المواد الكيميائية المطهرة لمقاومة كثير

من الأمراض . واستعمال كاور الزئبق بمعدل $\frac{1}{10000}$ أو $\frac{1}{20000}$ كان له تأثير كبير في مقاومة كثير من أمراض الذبول damping off وغيرها من الأمراض بالتربة .

وفي الصين تعامل التربة بواسطة الرماد المخلوط بالزئبق لقتل الحشرات والديدان . ويستعمل أيضا حامض الخليك بنسبة ١/٢٠ قبل الزراعة بعشرة أيام لقتل الفطريات المسببة لمرض الذبول .

وتستعمل في بعض الأحيان المبيدات الفطرية Fungicides والمطهرات الطيارة لقتل الفطريات المتطفلة ، ويستعمل أيضا ثاني كبريتور الكربون بنجاح في قتل الفطريات المرضية ، وعادة تستعمل هذه المبيدات عندما تكون التربة خالية من النباتات لكي لا تضر بها .

وعند تعقيم التربة فإن كثيرا من الفطريات والحشرات المتطفلة تقتل . ولكن إذا وجد بعد ذلك أحد هذه الفطريات المتطفلة طريقه إلى هذه التربة المعقمة فإنه ينمو بشدة ويصيب كثيرا من النباتات نظراً لتكاثره الشديد في التربة .

٥ - تلقيح التربة Use of soil inoculation :

لم تدرس بعد طرق المقاومة البيولوجية للبكتروبات والحشرات المتطفلة على النباتات الاقتصادية دراسة كافية ولوأنه من المعروف أن الطيور وغيرها من الحيوانات الراقية وكذلك الحشرات تتغذى أحيانا على بعض الحشرات والديدان الضارة بالمحاصيل . وقد يستعمل في مقاومة الحشرات الضارة الفطر والبكتريا التي تستطيع أن تتطفل عليها ، وخاصة التضاد يمكن إدراجها أيضا تحت هذا العنوان .

بذلت محاولات عديدة لتلقيح التربة الزراعية بميكروبات تفرز مضادات الحيوية ، وذلك لمقاومة كثير من الميكروبات المرضية ، ولكن في كثير من الحالات ثبت فشل هذه المحاولات لأسباب سبق ذكرها ، ويعزى هذا الفشل إلى عدم توفر الظروف التي تجعل من التربة بيئة مناسبة لنمو هذه الميكروبات الملقحة ، الأمر الذي يسبب موتها ، لذلك يجب أن يوفر للميكروب الملقح الغذاء الكافي والظروف الأخرى التي تلائم معيشته . ويمكن إحداث ذلك بتسميد التربة بالأسمدة الخضراء أو بإضافة الأسمدة العضوية كسماد الأسطبل مثلا ، وهذه قد تشجع نمو الميكروب الملقح والذي قد يحبط نمو الميكروبات المرضية عن طريق مباشر أو غير مباشر .

الباب الثالث عشر

ميكروبيولوجيا مياه المجارى

Microbiology of Sewage

المجارى هي المياه المستعملة فى المنازل والمصانع مختلطة ببقايا (فضلات) الإنسان والحيوان والمصانع وغيرها . تحتوى مواد عضوية ومعدنية وهذه المواد تعمل كغذاء للميكروبات ولو أن بعض بقايا المصانع تحتوى أحيانا على المواد الكيميائية القاتلة للميكروبات ولكن البقايا الأخرى حاملة للميكروبات. والمجارى تحتوى عادة على البقايا الآتية :

السليلوز - النشا - الدهون - البروتينات - اليوريا - أملاح الأمونيوم وكذا الميكروبات . حية أو ميتة وغيرها . وتختلف هذه البقايا من مدينة إلى أخرى حسب الصناعة الموجودة بالمدينة . . . الخ .

ويتراوح عدد الميكروبات بين ٥٠٠,٠٠٠ - ٢٠ مليون فى كل سم مكعب

أنواع الميكروبات :

١ - معظمها بكتيريا الأمعاء Intestinal bacteria

٢ - قليل من بكتيريا التربة والماء .

كما يوجد بها بعض الميكروبات المرضية وغير المرضية كذا

الميكروبات الاوتوتروفية والمحبة للحرارة thermophilic والميزوفيلية

والميكروبات المحبة للبرودة Psychrophiles

التأثير :

الرقم الأيذروجيني عادة من ٦ - ٨٥٥ بمتوسط ٧

الغازات :

توجد الغازات الآتية : يد ٢ - كب - ك ٢ - ك يد ٤ - ن يد ٣ - يد ٢
ويمكن القول عموماً أن المجارى عبارة عن وسط مائى به بعض المواد
العضوية والغير عضوية والميكروبات . وبعض هذه المواد العضوية فى الحالة
الغروية يصعب ترسيبها أو ترشيحها ، وهذه المواد جميعها عموماً تتحلل ببطء
يفعل الميكروبات .

الغرض من معاملة المجارى :

١ - إزالة المواد العضوية من المجارى حتى لا تسبب هذه المواد فى نمو
الميكروبات الهتروتروفية ثم يتخلص من الماء الناتج من المجارى بعد ذلك
فى بحر أو نهر أو محيط أو التربة نفسها . وبذا نتخلص من الرائحة الكريهة .
٢ - نتخلص من الميكروبات المرضية حتى لا تقرب وتلوث مياه
الشرب وتنتشر الأمراض بالوسائل المختلفة الأخرى .

٣ - استعمال البقايا كخصبات زراعية وكذا محاولة استعمال السائل
المتبقى بعد التخلص من المواد العضوية فى المزارع المائية لتغذية النباتات
Hydroponics مثل الطحالب والنباتات المائية والجذرية .

الميكروبات المرضية الموجودة عادة بالمجارى هي :

Salmonella typhosa

Salmonella paratyphi

Salmonella enteritidis

ميكروبات حمى التيفود

Shigella dysenteriae	ميكروب الدوسنتريا
Cholera vibrio	الكوليرا
Entameba histolytica	الدوسنتريا الأميبية

ميكروبات غير مرضية أخرى مثل :

Pseudomonas	Proteus	E. coli
Cytophaga	Aerobacter	Yeast
Actinomycetes	Molds.	

إذا أجرى التخلص من مياه المجارى بدون معاملة، بإلقائها فى بحر أو نهر أو بركة أو محيط، فإن الميكروبات تحلل المواد العضوية إلى مواد معدنية، فإذا كانت كمية مياه المجارى كبيرة (المدن الكبيرة) فإن الأوكسوجين الذائب فى المياه يقل بدرجة كبيرة نظراً لنشاط الميكروبات فى تحليل المواد العضوية واستهلاكها له، وفى هذه الحالة تقوم الميكروبات اللاهوائية والاختيارية بتخمير المواد العضوية ويتسبب عن ذلك روائح كريهة . كذلك ينتج عن نقص الأوكسوجين فى المياه خسارة فادحة فى الثروة المائية، إذ تموت الأسماك والحيوانات المائية والطحالب، علاوة على تلوث المياه بالميكروبات المرضية التى تنقل إلى الإنسان عن طريق الشرب والإستحمام .

طرق معاملة مياه المجارى:

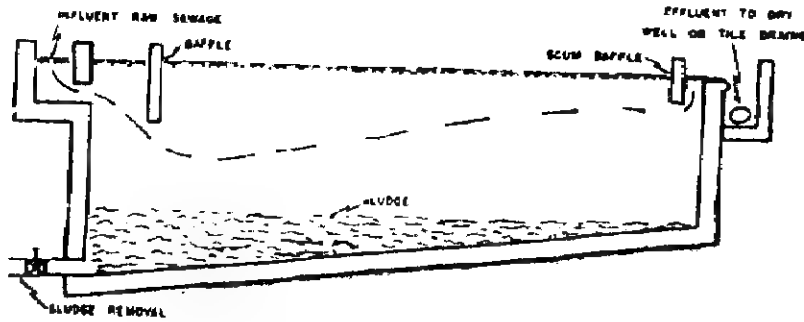
١ — الطريقة الكيميائية Chemical Systems

٢ — الطريقة البيولوجية Biological Systems

٣ — إلقاء مياه المجارى فى بحار أو أنهار .

١ - الطريقة الكيماوية :

يضاف إلى مياه المجارى مواد كيماوية التى ترسب المواد العضوية المعلقة والغروية، وذلك بأن توضع مياه المجارى فى أحواض واسعة وتسير ببطء من حوض إلى آخر، والماء المتبقى يصفى فى التربة أو بحر، أو يعامل بالطريقة البيولوجية إذا ما كانت كميته كبيرة. وعادة تضاف المواد الكيماوية مثل الشبة أو أملاح الحديد ح كل_٣ أو ح ك_٢، مع إضافة الجير (كا)، وينتج عن ذلك تفاعل الجير مع أملاح الحديد أو الشبة ويتسبب عن ذلك ترسيب المواد العالقة وتكوين ح (ايد)_٣ أو لو (ايد)_٣، وهذه الطريقة مكافئة ويجب أن تجرى بدوة .



(شكل ٥٢)

حوض ترسيب

٢ - الطريقة البيولوجية

وفىها تقوم الميكروبات بالدور الكيماوى والطبيعى للتحلص من المواد العضوية والمتبعر فى هذه الطريقة الآتى :

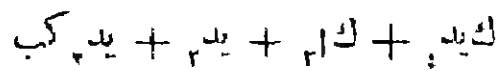
١ - أحواض الترسيب

Septic tanks or Sedimentation tanks

(١) تصب مياه المجارى المتجمعة من المدينة فى أحواض ترسيب أولية لى يترسب منها المواد الثقيلة كالزاط وقطع الصنى والرمال والصفىح وغيرها .

(ب) ثم تمرر المياه بعد ذلك على شبكة من الحديد لحجز ما قد يكون عالقا بالسائل من أوراق وقطع قماش وتنظف هذه الشبكة من آن إلى آخر . ومنها إلى أحواض الترسيب الواسعة ، وفيها ترسب المواد العالقة الكبيرة إلى القاع لتسكين ما يسمى Sludge ، ويطفو ريم على السطح يسمى Scum ، يكشط من آن إلى آخر بواسطة آلات خاصة ، والأخير عبارة عن مواد دهنية غالباً وتضاف عادة إلى الراسب .

وتقوم الميكروبات بأكسدة المواد العضوية ثم بتخمرها ، نظراً لقلّة الأوكسوجين في النهاية وينتج عن ذلك الغازات الآتية :



والمراد العضوية صعبة التحلل أما ترسب في القاع أو تظل معلقة ، وهذه تتحلل ببطء . تجمع الرواسب أو الحماة Sludge وتجفف وتطحن وتستعمل كسماد يعرف بسماد المجارى أما السائل (Effluent) فيكاد يخلو من المواد العضوية إلا قليلاً . وذلك لتحلل وتخمّر هذه المواد ويوجد في هذا السائل الآتى :

أملاح الأمونيوم - أملاح الأحماض العضوية المختلفة - كحولات - يدم كب - مركبات مختلفة ناتجة من عملية التحلل والتخمّر ونسبة ضئيلة جداً من الأكسوجين .

٢ - إذا كانت كمية السائل قليلة فإنها تحول إلى التربة فتحلل هذه المواد التى به إلى الآتى :

الكر بوايدرات تتحلل إلى ك + ا + يد + ا ، والبروتينات تتحلل إلى ن يد + ثم إلى ٥ ا + ثم إلى ٥ ا + والكبريتورات تتأكسد إلى كب + ا .

ويجب أن يتم ذلك بعيداً عن مصادر الماء (الشرب والاستحمام) . ولو أن العدوى تكون بعيدة الاحتمال لأن السائل يكاد يخلو من بكتيريا

الأمراض، نظراً لمرتها نتيجة للتفاعلات التي تحدث أو نتيجة لمضادات الحيوية التي تنشأ عن فعل الميكروبات .

٣ — أما إذا كانت كمية السائل كبيرة فإنها عادة تحتوى على كمية من المواد الصلبة العضوية العالقة بجوار المواد العضوية الذائبة، لذا فإن التخلص منها في بحر أو نهر أو استخدامهما في رى الأراضي ما زال إجراء محفوف بالآخطار التي سبقت الإشارة إليها . وعلى ذلك يلجأ إلى أكسدة هذه المواد العضوية بالبكتريا الهوائية وذلك بإحدى الطريقتين الآتيتين : —

(أ) معالجة السائل بالترشيح :

يحول السائل إلى أحواض تسمى Contact tanks ، أو أحواض تسمى Trickling tanks ، وهي على أشكال مختلفة، تملأ بالتناوب ومزودة بمصادر مختلفة للتهوية باستمرار حتى تكون هناك كمية كبيرة من الأوكسوجين ، وهذه الأحواض مصممة لمعاملة كمية كبيرة من السائل ، وتحتوى على زلط أو أحجار أو طوب بأحجام مدرجة من أسفل إلى أعلى ، وهي مغطاه عادة بالأحياء الدقيقة التي تكون طبقة جيلاتينية فوقها تحتوى على ميكروبات أوتوتروفية وهتروتروفية وبرتوزوا . يسحب السائل ويترك فيها (في أحواض Contact) . أو يرش عليها برشاشات أو نافورات (في أحواض Trickling) لمدة قد تصل إلى أكثر من ١٢ ساعة، فيكتسب الأوكسوجين من الهواء ، وتقوم الميكروبات بأكسدة المواد العضوية ، إلى المواد السابق ذكرها في (٢) ويعمل باستمرار على إزالة المواد العضوية المتراكمة خلال بعض طبقات الزلط .

(ب) معالجة السائل بحمأة منشطة :

وتتلخص هذه الطريقة في تحويل المواد العضوية المعلقة بسائل الجارى إلى مواد مرسبة مع اكثار الميكروبات الهوائية على سطحها لأكسدتها .

لذلك يعتبر استمرار التقليب والتهوية بسائل المجارى في أحواض التنشيط مع تزويده بجزء من حمأة منشطة *A mature activated sludge*، من الأهمية بمكان . وتترقب مدة التهوية والتقليب على حسب الطريقة المتبعة فقد تصل إلى حوالى ٢٠ ساعة .

ويمكن الإشارة هنا إلى بعض الطرق المستعملة مثل :

I — تنشيط الحمأة بطريقة الهواء المضغوط :

Diffused air activated Sludge Process

وذلك بأن يضغط الهواء فى قاع أحواض التهوية . وقد يستخدم فيها أيضا عجلات غاطسة لتقليب الحوض آليا .

II — تنشيط الحمأة بطريقة شيفلد :

*Sheffield activated
Sludge Process*

وفىها يتم التقليب بعجلات تتحرك رأسية تشبه فى ذلك الساقية .

III — تنشيط الحمأة بطريقة سمبل كس :

*Simplex activated
Sludge Process*

وفىها يتم التقليب بعجلات تتحرك أفقيا

٤ — بعد هذه المعاملة يسحب السائل ويجمع فى أحواض ترسيب

Settling tanks . فترسب فيه باقى المواد العالقة التى تحول بدورها إلى

أحواض تسمى *Sludge digester* . أما السائل فيتخلص منه بالصرف فى

بحر أو نهر أو يستعمل فى رى مزرعة المجارى .

٥ — معالجة الرواسب أو الحمأة:

وذلك بتجفيفها أو بتخميرها .

تجفف الحمأة بأحدى الطرق الآتية :

(١) التجفيف فى أحواض :

تنشر الحمأة فى أحواض خاصة فى طبقات سمكها من ٦ — ٩ سم وتترك

لتجف لمدة أربعة أيام . ثم توضع طبقة أخرى تغمر الطبقة الأولى ، فتفيد يرقات الذباب بالغرق ، ثم تترك أربعة أيام ، وتضاف طبقة ثالثة ، وهكذا حتى تصل سمك الطبقات حوالى ٣٠ سم ، ثم تغطى الطبقة الأخيرة بالرمال وتغمر بمياه المجارى ، وتترك الأحواض لمدة شهر فترتفع درجة الحرارة باخمائة نتيجة للتخمير . فقد تصل إلى حوالى ٧٠°م . وهذه الدرجة كافية لقتل كثير من بويضات و يرقات والخلايا الحضرية الكثير من الميكروبات المرضية . تعزق بعد ذلك محتويات الأحواض وتطحن وتعد للتسويق .

(ب) التجفيف الصناعى :

قد تستعمل القوة المركزية الطاردة فى تجفيف الحمأة وذلك بطرد الماء منها . ثم يكمل تجفيفها فى أفران خاصة أو فى العراء . فى بعض دول أوروبا وأمريكا قد تضغط الحمأة المرسبة فى أجهزة خاصة لعملها قوالب تستعمل فى الحريق أو التسميد .

التخمير :

قد تجمع الرواسب (الحمأة) فى أحواض خاصة تسمى Sludge digestion tanks وفيها تخمر الحمأة لاهوائيا ، ومن ذلك تجمع الغازات الناتجة المحتوية على الميثان وأيدروجين وثانى أكسيد الكربون وأزوت . وهذه الأحواض خرسانية مقفلة . وعادة تجمع هذه الغازات فى خزانات كبيرة خاصة ، وتستعمل صناعيا فى الإضاءة والوقود لتشغيل الماكينات .

سماد المجارى :

توجد أنواع عديدة من سماد المجارى تختلف باختلاف الوسائل التى اتبعت فى استخلاص الرواسب أو الحمأة يذكر منها أبر الفضل (١٩٦٠) أربع أنواع وهى :

١ — سماد المجارى الخام Raw sludge : وهو ما ينتج من أحواض الترسيب الأولية

٢ — سماد المجارى المهضوم Digested sludge وهو ما ينتج من أحواض الترسيب اللاهوائية العميقة أو أحواض الهضم المنفصلة .

٣ — سماد المجارى المنشط Activated sludge وهو ما ينتج من أحواض تنشيط أوتهوية الحمأة .

٤ — سماد المجارى المنشط المهضوم Activated and Digested sludge وهو ما ينتج بعد معالجة الحمأة في أحواض التنشيط أو التهوية ثم أحواض الهضم المنفصلة .

ويعتبر سماد المجارى المنشط المهضوم أحسنها في القيمة السماوية أما السماد الخام فهو أقلها . والجدول (٣٠) يوضح التركيب الكيماوى لبعض أنواع سماد المجارى .

سماد البودريت :

يحضر من تجميع المواد البرازية الناتجة عن كسح المراحيض ، ونقلها إلى أحواض مكشوفة مع خلطها بالجبس الناعم أو بحامض الكبريتيك وذلك بغرض تثبيت النشادر ، ثم تترك لتجف وتعرق وتدق لتجهيزها للتسويق . وعادة يقسم هذا السماد حسب القيمة السادية له إلى أقسام فمنها Best يليها درجة أولى ، ثم درجة ثانية .

وتجدر الإشارة إلى أن هذا السماد أقل من سماد المجارى في نسبة الأزوت ، إلا أنه يفوق سماد المجارى من حيث إحتوائه على أزوت البول الذى يثبت بالجبس أو بالحامض .

والجدول (٣١) يوضح التركيب الكيماوى للبودريت أما الجدول (٣٢) فيوضح التركيب الكيماوى للبول والبراز .

جدول (٢٠)
التركيب الكيميائي لبعض أنواع سماد المجارى (عن أبو الفضل ١٩٦٠)

نوع السماد	الرضوبة	مادة جافة %	مادة عضوية %	% رماد	أرول كل %	أرول ذائب %	فوسفور %	نيتروجين %
أ - على أساس السماد الطازج :								
سماد مجارى خام ⁺	٦٠	٤٠	٢٠	٢٠	٠.٠٩	٠.٠٥	٠.٠٥	٠.٠١
سماد مجارى مهضوم ⁺ (أحواض تجفيف)	٤٨	٥٢	٢٣	٢٩	١.٠٤	٠.٠٦	٠.٠١	٠.٠٢
سماد مجارى مهضوم ⁺ (أكوام)	٢٠	٨٠	٣٢	٤٨	٢.٠٠	٠.٢٦	٢.٠١	٠.٠٣
سماد مجارى الجبل الأصفر	٦	٩٤	٤٣	٥١	٢.٠٤	—	١.٠٠	١.٠٠
ب - على أساس السماد التام الجاف (المقارنة)								
سماد مجارى خام ⁺	صفر	١٠٠	٥١	٤٩	٢.٠٤	٠.١٢	١.٠٣	٠.٠٣
سماد مجارى مهضوم ⁺ (أحواض تجفيف)	صفر	١٠٠	٤٤	٥٦	٢.٠٦	٠.١٢	٢.٠٢	٠.٠٤
سماد مجارى مهضوم ⁺ (أكوام)	صفر	١٠٠	٣٩	٦١	٢.٠٤	٠.٣٣	٢.٠٦	٠.٠٤
سماد مجارى الجبل الأصفر	صفر	١٠٠	٤٦	٥٤	٢.٠٥	—	١.٠٦	١.٠٦

+ تحليلات أجنبية

جدول (٣١)
التركيب الكيماوى لأنواع البودريت
(عن رياض)

درجة ثانية	درجة أولى	Best	
٨ — ٣	٨ — ٣	٨ — ٣	رطوبة %
٢٢	٣٠	٤٠	مادة عضوية %
٠.٥٥	١.٣	١.٧	أزوت كلى %
١.٠	١.٥	٢.٥	حامض فوسفوريك
٠.٣	١.٤	٠.٦	بوتاسا %

جدول (٣٢)
التركيب الكيماوى للبراز والبول فى المائة
(عن غلام)

بول	براز	
٩٤.٧٥	٧٧.٢٠	ماء
٥.٢٥	٢٢.٨٠	مادة جافة
٤٠.٢٠	١٩.٤٠	مادة عضوية
١.٠٠	١.٦٠	أزوت
١.٠٥	٣.٤٠	مادة معدنية
٠.١٥	١.٢٢	حامض فوسفوريك
٠.١٨	٠.٥٥	بوتاسا

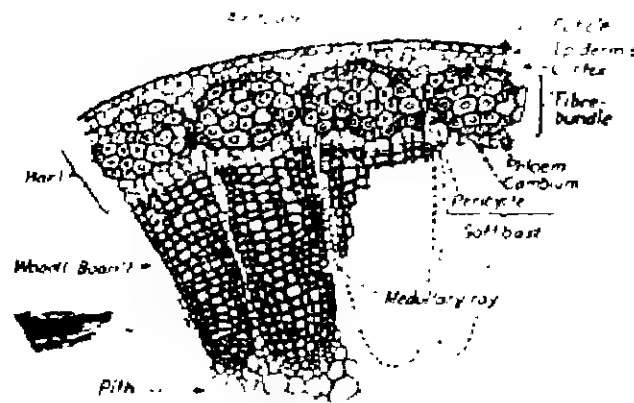
الباب الرابع عشر

بعض العمليات الميكروبيولوجية الصناعية في المزارع

تعطين الكتان والقنب

Retting of Flax and Hemp

تعطين الكتان والقنب من العمليات البكتريولوجية ذات الفوائد الاقتصادية ، حيث تستعمل الألياف الموجودة في سوق نبات الكتان في صناعة المنسوجات والخيوط ، أما ألياف القنب فتستعمل في صناعة الأحبال. وفي كلا النباتين تلتصق الألياف ببعضها بالخلايا الأخرى بواسطة البكتين وأملاح حامض البكتيك ، وهذه الألياف عبارة عن سليولوز. ومن الصعب جداً فصل الألياف عن بعضها بالطرق الميكانيكية أو الكيماوية ، وعلاوة على صعوبتها فإن ذلك يؤدي إلى تزيقها، الأمر الذي يسبب رداءة المنسوجات المصنوعة منها ، لذلك فإننا نلجأ إلى إذابة مادة البكتين التي تربط هذه الألياف



شكل (٥٣)

قطاع عرضي في ساق الكتان

بعملية التعطين وتقوم بها أنواع من الميكروبات تفرز أنزيم البكتيناز الذي يذيب البكتين وبذلك يسهل فصل الألياف سليمة .

والتعطين Retting كلمة قديمة معناها « النقع في الماء » . وتوجد ألياف الكتان عادة بين نسيج القشرة وبين الخشب ، فإذا كان التعطين قد أجرى على الوجه الأكمل فإن الألياف يسهل انتزاعها من بين نسيج القشرة والخشب حيث تذوب المادة اللاصقة لهذه الخلايا .

طرق تعطين الكتان :

قبل إجراء عملية التعطين تجهز النباتات عادة ، وذلك بنزع الثمار منها مع ترك النباتات الضعيفة والتي بها عيوب قد تؤثر في جودة الألياف، وتخزن النباتات إلى أن يحين تعطينها . وتختلف التغيرات الكيميائية التي تحدث أثناء التعطين باختلاف أنواع الميكروبات السائدة وطبيعة الماء المستعمل والنباتات المستعملة والطريقة المتبعة .

وتجرى عملية التعطين عادة بطريقتين رئيسيتين : اللاهوائية والهوائية . والطريقة اللاهوائية تشمل غمس الكتان في ماء جارى أو راكد ، ولقد أتبع المصريون القدماء (الفراعنة) هذه الطريقة منذ آلاف السنين ، وذلك بوضع الكتان في ترع وقنوات النيل الخالد ، حيث يمر عليها تيار ماء بطيء دافئ . وتجرى هذه الطريقة أيضاً في بلجيكا وألمانيا وهولندا . وفي إيطاليا وإيرلندا أستخدمت المياه الراكدة مثل البحيرات والخزانات .

وتعطين الكتان بالطريقة الهوائية ينحصر في نقع الكتان في أحواض كبيرة مهيأة أو بتركة في الهواء الطلق للندى والأمطار . ومن الجدير بالذكر أن التعطين بالطريقة اللاهوائية يكون بفعل البكتريا عادة أما في الطريقة الهوائية فتلعب الفطريات الدور الرئيسى .

ويتوقف اختيار الطريقة المناسبة للتعطين على عدة عوامل مثل المناخ ومورد المياه وكمية المحصول والنفقات وغيرها من العوامل . وسنتكلم فيما يلي عن ضريقتي التعطين :

(١) الطريقة اللاهوائية Anaerobic Retting :

تجرى هذه الطريقة بوضع الكتان في ماء راكد أو في ماء جارى بطيء أو في أحواض خاصة معدة لهذا الغرض . وتترك النباتات لمدة معينة فتخمر المواد البكتينية بتأثير أنواع خاصة من الميكروبات اللاهوائية . ويحجب التخلص من الماء قبل أن يبدأ السليولوز في التحلل . بعد ذلك تجفف النباتات ثم تفصل الألياف ميكانيكيا . ويتم عملية التعطين في الثلاث مراحل الآتية :

١ — المرحلة الطبيعية Physical Stage :

تمتص أنسجة سيقان النباتات الماء في هذه المرحلة وتنتفخ. وتخرج منها المواد القابلة للذوبان، فتنشط البكتيريا، وتكسر الأجزاء الخشبية، بينما تتصاعد الغازات من أنسجة السيقان. وتبلغ نسبة المواد القابلة للذوبان التي تستخلص من السيقان حوالى ١٢٪ من الوزن الكلى، وتشمل السكريات جليكوزيدات وتينينات ومواد ملونة ومواد نيتروجينية وهذه تشجع نمو البكتيريا، وكمياتها تؤثر تأثيراً كبيراً في طول أو قصر مدة التعطين وبذلك يصبح الوسط الموجود به السيقان بيئة مناسبة لنمو البكتيريا وغيرها من الأحياء الدقيقة .

٢ — المرحلة البيولوجية Biological Stage :

تنمو في إبتداء هذه المرحلة البكتيريا وغيرها من الأحياء الدقيقة بسيقان النباتات الموجودة أيضاً بالماء المستعمل في التعطين . وتكون الميكروبات الهوائية هي السائدة في إبتداء هذا الطور لاحتواء الماء على الأكسوجين المذاب والمواد الغذائية المناسبة . وكذلك تنمو الخميرة والفطريات على سطح الماء . وبعد إتهلاك هذه الميكروبات الهوائية للأكسوجين المذاب بالماء تنشط الميكروبات اللاهوائية ، وتتكون نتيجة لذلك أحماضاً عضوية وغازات خصوصاً ثانى أكسيد الكربون .

يتم تعطيل الكتان في هذه المرحلة عادة ، فتفرز الميكروبات أنزيم البكتيناز الذى يذيب الصفيحة الوسطى للخلايا Middle lamella فتتفكك خلايا النباتات وتنفصل الألياف عن بعضها .

وتلعب الميكروبات اللاهوائية الدور الرئيسى فى التعطيل . حيث تنمو بغزارة فتفرز الانزيمات التى تذيب بكتين الصفيحة الوسطى للخلايا البرنشيمية للقشرة والاشعة النخاعية والخشب . وبذلك تنفصل الخزم الوعائية عن القشرة وعن الخشب . وفيما يلى أنواع هذه البكتريا :

Clostridium pectinovorum (related to *Clostridium butyricum*)
Cl. felsineum

وهذان الميكروبان من أهم البكتيريا اللاهوائية التى تقوم بتعطيل الكتان . ولقد استعمل حديثا فى المناطق المتخصصة فى تعطيل الكتان أحواض خاصة حيث توضع سيقان الكتان وتضاف إليها المياه ثم تلقح بإحدى مكون من الميكروبين *Cl. Felsineum*, *Cl. pectinovorum*

والبادىء عبارة عن شرائح من البطاطس ينمو عليها الميكروبان ويستعمل فى الطور اللوغارىمى للنمو . وتتكون نواتج كيميائية من عملية التعطيل نتيجة للتخمير ، وتختلف هذه النواتج باختلاف أنواع الميكروبات والظروف التى تتم فيها عملية التعطيل ، وهذه النواتج تشمل الأحماض العضوية مثل حامض الخليك والبيوتريك وغيرها من الأحماض . كما تتكون الغازات مثل غاز ثانى أكسيد الكربون والايديروجين وأحيانا الميثان وكبريتورالايديروجين . وتتكون أيضاً الكحولات مثل كحول الايثيل وكحول البيوتيل كما يتكون الاسيتون وغيرها من مركبات الأحماض العضوية .

ومن المهم جداً أن يراعى عدم الزيادة فى التعطيل وإلا تعدى التحليل إلى السليولوز نفسه ، ومن الجدير بالذكر أن سليولوز الألياف لا يتحلل بواسطة البكتريا المرغوبة فى عملية التعطيل .

٣ — المرحلة الميكانيكية Mechanical Stage :

تغسل النباتات المعصنة جيداً بالماء ، فإذا كان التعطين في أحواض خاصة فإن الأنسجة تغسل بماء ينساب من أسفل إلى أعلى ، والغرض من عملية الغسيل هو إزالة المواد العالقة من بقايا النباتات والأحماض العضوية والروائح وغيرها من المواد الموجودة على السيقان . وقد تستعمل أحيانا مواد قلوية مثل إيدروكسيد الصوديوم المعادلة للأحماض الموجودة بأحواض التعطين ، وهذه العملية تعطى ألياف ذات صفات عالية من اللمعان والجودة .

بعد ذلك تخفيف الأنسجة المغسولة جيدا سواء طبيعيا أو بالطرق الصناعية ، ثم تفصل الألياف من القشرة والخشب بالطرق الميكانيكية .

درجة حرارة التعطين :

وتستعمل درجات حرارة مختلفة في عمليات التعطين ، وعلى العموم يمكن القول أن درجة حرارة ما بين ٢٧ — ٣٨°م تؤدي إلى سرعة التعطين ، ولكنها تعطى ألياف قليلة الجودة ، حيث أن هذه الدرجة العالية تشجع نمو البكتريا إلى درجة كبيرة ، الأمر الذي قد يسبب زيادة التعطين في وقت قصير ، مما يتسبب عنه تلف الألياف ولكن قد يتحصل على نتائج حسنة من استعمال هذه الدرجة إذا أديرت عملية التعطين بكفاءة وخبرة تامة .

والدرجة المستعملة عادة في التعطين هي ٢٦-٢٨°م أو ٢٠ - ٢٢°م

ومن الطبيعي أن التعطين بالندى يتعرض إلى درجات حرارة مختلفة

طريقة كربون Carbone Retting Process :

وهي إحدى طرق التعطين التي تتم تحت الظروف اللاهوائية ويستعمل في هذه الطريقة باديء من ميكروب (L. felsineum) النامي على بيئة البطاطس ، بنسبة ١ لتر إلى كل عشرة كيلوجرامات من النباتات الجافة المراد تعطينها ،

يضاف إلى الماء المستعمل في التعطين ، ثم ترفع درجة الحرارة بأحواض التعطين إلى درجة ٣٧ — ٣٨°م. وهي الدرجة المثلى لنمو هذا الميكروب . وتتم عملية التعطين في مدة خمسين ساعة قد تطول أو تقصر حسب ظروف العملية وهذه الطريقة يجب أن تجرى بعناية كبيرة وتحت ملاحظة وخبرة دقيقة عن الطرق الأخرى للتعطين . والألياف الناتجة عن هذه العملية ذات صفات جيدة ولون لامع وتصافي عالية .

(ب) الطريقة الهوائية : *Aerobic Retting Processes*

تمكن G. Rossi من ابتكار طريقة خاصة لتعطين الكتان تحت الظروف الهوائية، وذلك بإضافة مزرعة من *B. comesi* إلى سيقان النباتات المغمررة في الماء بأحواض خاصة وحفظ درجة حرارة الماء على ٢٨-٣٠°م مع استمرار التهوية لكي تنشط البكتيريا الهوائية وخاصة *B. comesi* . ولقد وجد أن هذه العملية تتولد عنها كمية قليلة من الأحماض العضوية، وبفضل احتمال زيادة التعطين *overretting* إلى درجة كبيرة . ويمكن تخفيف الألياف صناعياً بدون أى خطورة عليها . والألياف الناتجة عن التعطين بهذه الطريقة تكون ذات لون غامق وممتنة .

طريقة « التعطين بالندى » *Dew Retting* :

تلعب الفطريات الدور الرئيسى ، ولو أن البكتيريا توجد بأعداد كبيرة . وتجرى هذه الطريقة بنشر السيقان المراد تعطينها في طبقات رقيقة على سطح الأرض ، وبذلك تعرض لتأثير الشمس والندى والمطر . وعلى ذلك تتوقف جودة التعطين على الطقس والمكان المفروش عليه السيقان والتربة ، وعلى ذلك لا يمكن التحكم في التعطين بهذه الطريقة ، لذلك ولو أنها بسيطة ورخيصة إلا أنها تعطي ألياف رديئة الجودة وقليلة التصافي .

السيلاج

Silage

السيلاج عملية يمكن بواسطتها حفظ نباتات العلف الأخضر بالخمير . والسيلاج هو العلف الأخضر المحفوظ للحيرانات . ويستغل الفائض من العلف الأخضر بعمله سيلاج . يستهلك أثناء فترة الشتاء القارص في أوروبا وأمريكا (الجليد) أو أثناء الجفاف في حالة عدم وجود العلف . وفي مصر يعمل في فصل الشتاء ويستهلك في الصيف عند ندرة العلف الأخضر .

النباتات التي يعمل منها السيلاج :

الحشائش على اختلاف أنواعها (في أوروبا) . عبادان الذرة الخضراء (في أمريكا) وكذلك البرسيم الحجازي وغيرهما من النباتات البقولية بأنواعها .

الطريقة :

تقطع النباتات إلى قطع صغيرة وتعبأ وتكد جيداً في السبلو (الصوامع) Silo . وعادة تحتوى النباتات الخضراء على كمية كافية من الرطوبة تساعد البكتريا على النمو . كما تحتوى على السكر بوايدرات مثل السليولوز والهميسليولوز والسكريات ، وكذا تحتوى على البروتينات بكميات مختلفة . تنمو البكتريا والخميرة والفطريات الملوثة لأسطح هذه النباتات ، وكذا الموجودة ببقايا التربة العالقة . ولكن ماتلبث كثير من الميكروبات أن تقف عن النمو ، نظراً لعدم كفاية الاوكسجين الذى تستعمله خلايا النباتات وهذه الميكروبات أيضاً في التنفس ، فتقف بذلك الميكروبات الهوائية عن النمو . ولكن الميكروبات اللاهوائية تنمو ، فتتحول السكريات إلى

أحماض بواسطة بكتريا حامض اللاكتيك الكرية ، ثم بعد أن تبلغ درجة تركيز الإحماض حداً معيناً تنشط بكتريا حامض اللاكتيك العصوية ومن بينها *Lactobacillus brevis* type ، وبذلك تنتج كمية وافرة من الأحماض تسبب وقوف نشاط الميكروبات الأخرى خصوصاً المحملة للبروتينات .

نواتج عملية التخمر :

أهمها حامض اللاكتيك و ك ا ه و قليل من حامض الخليك والبروبيونيك وغيرها من الأحماض العضوية و قليل من الكحولات

فساد السيلاج :

تلعب الفطريات دوراً كبيراً في فساد السيلاج ، ولكن هذه الفطريات هوائية وعليه فإنها تنمو على سطح السيلاج وتلفه . ولكن الطبقات التي تلي ذلك تكون بعيدة عن هذا الفساد حيث لا يوجد الاوكسوجين . وقد تنمو بكتريا غير مرغوب فيها مثل بكتريا حامض البيوتيريك ، وهي بكتريا لاهوائية أيضاً . ولكن إذا ابتدأت بكتريا حامض اللاكتيك بسرعة وبمعدل كبير ، فإنها تحبط نمو الميكروبات الغير مرغوب فيها .

استعمال نباتات غنية في البروتين :

عند عمل سيلاج من مواد علف غنية بالبروتينات مثل النباتات البقولية . فإنها تعامل معاملة خاصة نظراً لقلة الكربوايدرات بهذه النباتات ، الأمر الذي يسبب تلفها لنمو الميكروبات التعفن ، لذلك يلجأ إلى معادلة المواد البروتينية بإضافة مواد كربوايدراتية سهلة التخمر بكميات وافرة ، وعلى ذلك فإن التخمر اللاكتيكي يتم سريعاً ويتكون سيلاج من نوع جيد . ويمكن إجراء ذلك بإضافة ٥٠ - ١٠٠ رطل من المولاس إلى كل طن من النباتات البقولية أو خلط

النباتات البقولية بكميات من نباتات غنية بالكربوايدرات مثل نباتات الذرة أو الذرة السكرية .

وعند ذلك يحدث التخمر اللاكتيكي المرغوب فيه ، الذى يوقف التخمرات الضارة .

كما سبق يتضح أن هناك عاملين هامين يجب أن يؤخذوا فى الاعتبار عند عمل السيلاج وهما الحموضة والظروف اللاهوائية .

١ - الحموضة :

إذا خفضت درجة تركيز أيون الإيدروجين سريعاً فإن ذلك له تأثير حسن فى إيجاد سيلاج مرغوب فيه وذلك للأسباب الآتية :

١ - يقف تحلل البروتينات غالباً عندما تكون هناك حموضة ، بينما يحدث دائماً على درجة حموضة بين ٦ ، ٧ .

٢ - التخمر البيوتيريكي للسكريات واللاكتات يحدث عند الرقم الإيدروجينى ٧ بشدة ويقل تدريجياً بانخفاض رقم pH إلى أن يقف عند ٣ - ٥ ، ومن الجدير بالذكر أن رائحة حامض البيوتريك غير مرغوبة لدى الحيوانات التى تتحجم عن أكل السيلاج الذى به هذه الرائحة .

٣ - درجة pH المناسبة لميكروبات حامض اللاكتيك من ٣ - ٤ ، ومن حسن الحظ أن هذه الدرجة غير مناسبة للميكروبات التى تسبب فساد السيلاج .

لذلك إذا لم ينخفض الرقم الإيدروجينى سريعاً فإن الميكروبات الغير مرغوب فيها تلعب دوراً فى إتلاف أو إنتاج سيلاج غير جيد . مثال ذلك *CL. butyricum* التى تحول حامض اللاكتيك إلى حامض البيوتريك ، و *CL. sporogenes* التى تحلل البروتينات وتنتج مواد يعف عنها الحيوان ، هذا علاوة على نقص قيمة السيلاج فى البروتين .

ولقد وجد أن الرقم الأيروجيني ، هو أنسب رقم لتشجيع نمو ميكروبات حامض اللكتيك مع إيقاف نمو الميكروبات الغير مرغوب فيها .

و حديثاً تمكن العالم فرنان من إيجاد طريقة تسمى A.I.V. نسبة A.I. Virtanen لعمل سيلاج من النباتات البقولية (الغنية بالبروتينات) ، وذلك بإضافة أجزاء من حامض يد كل إلى جزء من حامض يد ك ب إ ، بنسبة ١ : ٢ (أساسي) إلى كل طن من قطع النباتات المراد عملها سيلاج . وهذه الكمية تحفز الرقم الأيروجيني إلى ٤ . وهذه الدرجة كما سبق القول تمنع تحلل البروتينات . ويشجع نمو ميكروبات حامض اللكتيك . ولقد استعمل أيضاً حامض الفوسفوريك في هذا الغرض بنسبه ٢٠-٣٠ رطل من الحامض (٧٥٪ تركيز) إلى كل طن من النباتات البقولية .

ب - الظروف اللاهوائية

يجب أن يكون السيلاج مدموك (ومضغوط جيداً) وذلك لكي لا يتسرب الاوكسوجين إلى الصومعة فيتلف السيلاج بنمو الفطريات وغيرها من الكائنات الغير مرغوب فيها والتي تحول السيلاج في النهاية إلى ك ه ، يد ه ا ، ه يد ه (في وجوء الهواء) .

أما إذا حفظ مضغوطاً فإن الأنسجة النباتية والكائنات الحية تنفس وتستعمل الاكسوجين وينتج ك ه ، ويتحول جو الصومعة إلى الوسط اللاهوائي سريعاً ، فتتشط الميكروبات اللاهوائية واللاهوائية اختياراً مثل ميكروبات القولون وغيرها . وما نلبث أن ينخفض الرقم الأيروجيني إلى ٢-٤ تقريباً . فتموت هذه الميكروبات وتبدأ بكمثريا حامض اللكتيك في عملها .

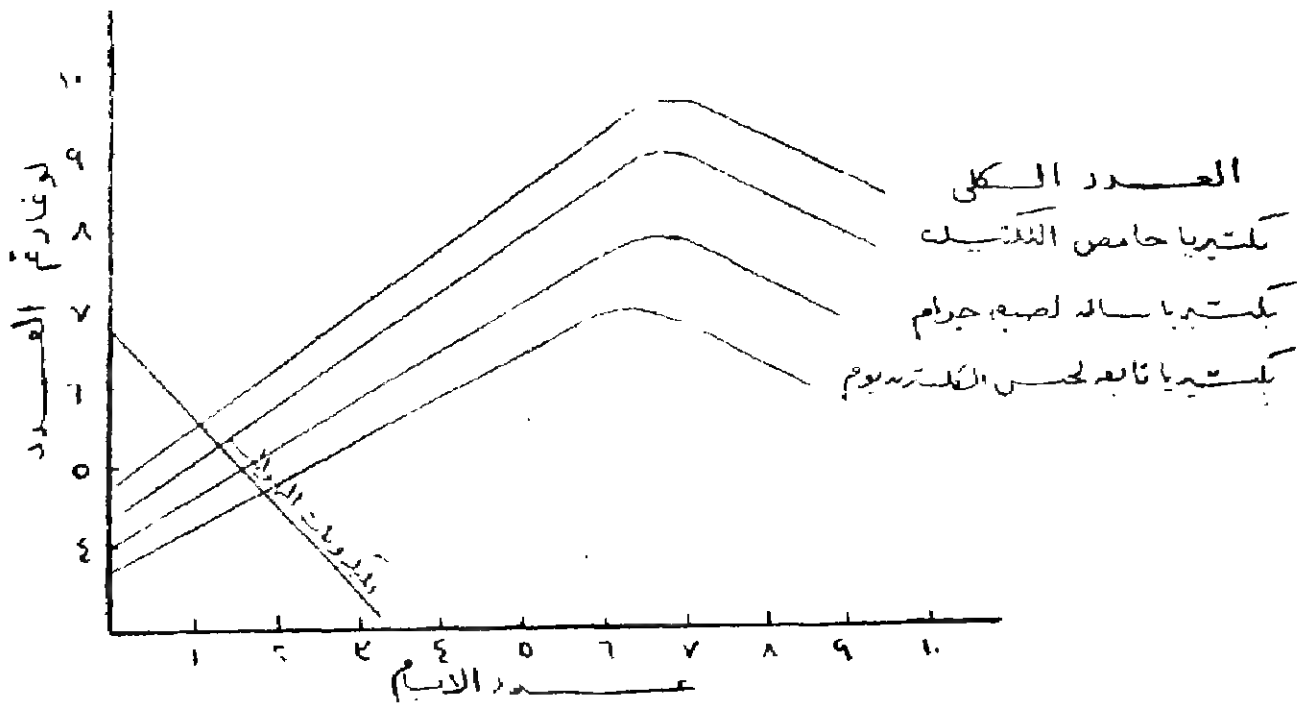
ويوضح شكل (٥٤) معدل نمو أنواع الميكروبات الهامة التي تقوم بعملية التخمر في الأعمار المختلفة ، ويلاحظ أن الميكروبات الهوائية قد انخفضت

بمعدل كبير بعد البدء في العملية ، وذلك لاستهلاكها الاوكسوجين وكذا لتنفس النبات . كما يلاحظ أن بكتريا حامض اللاكتيك هي الغالبة .

ملاحظات عن عمل السيلاج

١ - وجد أنه إذا ارتفعت درجة حرارة السيلاج إلى 40°C أو أعلى يترتب عليه تقليل نشاط بكتريا حامض اللاكتيك . كما تفقد النباتات كثيرا من عصاراتها (تساق) .

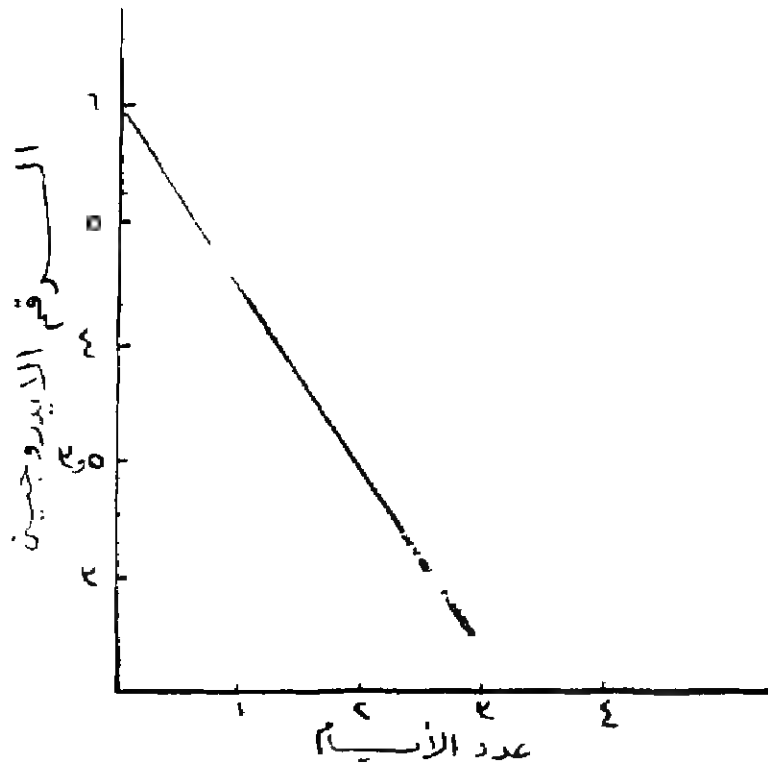
٢ - إذا جفت المواد المصنوع منها السيلاج إلى حوالي ٣٥٪ وزن جاف ، فإنه لا يفقد شيء من محتويات النباتات العصرية ، ولكن إذا كان الجفاف زائدا (٤٠٪) فإنه من الصعب التخلص من الاوكسوجين الذي يشجع نمو الميكروبات الهوائية والتي تعمل على فساد السيلاج .



(شكل ٥٤)

انواع الميكروبات في السيلاج واعدادها في الاعمار المختلفة

- ٣ — تقطيع النباتات المصنوع منها السيلاج إلى قطع صغيرة مفيد حيث أنه يساعد الميكروبات على العمل السريع لحفض الرقم الأيدروجيني .
- ٤ — قد تضاف مواد موقفة لنشاط الميكروبات خصوصاً التعفنية كما في طريقة A.L.V. التي تستعمل فيها الأحماض لحفض الرقم الأيدروجيني كما سبق شرحه ، ولكن هذه الطريقة يقصر استعمالها على فنلندا لأنها تعطي سيلاج غير مستساغ لدى الحيوانات وذو طعم لاذع . وقد تستعمل بعض المواد الكيميائية لمعادلة الحموضة قبل أن يتغذى الحيوان على السيلاج الناتج . ومن الملاحظ أيضاً أن استعمال الأحماض خطر بالنسبة للفلاحين وليس من السهل خلطه بمواد العلف . ويستعمل في أمريكا Sodium meta bisulphite الذى ينتج عن تحلله كبريت الذى يوقف نشاط كثير من الميكروبات التعفنية .
- ٥ — قد يستعمل باديء من بكتريا حامض اللبكتيك ، وذلك لزيادة عددها حيث تعمل على خفض الرقم الأيدروجيني سريعاً وبذا يحد نشاط الميكروبات التعفنية .



(شكل ٥٥)

معدل انخفاض الرقم الأيدروجيني في السيلاج

٦ - يصل الرقة الأيدروجيني إلى حرارى ٣ بعد مدة تقرب من ثلاثة أيام فى السيلاج الجيد .

العوامل التى يجب توافرها لكي ينتج سيلاج جيد .

١ - خفض درجة تركيز أيون الأيدروجين سريعا وذلك عن طريق : إضافة كربوايدرات سهلة التخمير بكمية يجب حسابها خصوصا عندما تكون المواد التى يعمل منها السيلاج غنية فى البروتينات مثل إضافة المولاس أو الذرة السكرية، وتتوقف كمية هذه المواد المضافة على عدة عوامل منها عمر النباتات التى يصنع منها السيلاج وكمية الرطوبة . . . وغيرها .

٢ - إحداث ظروف لاهوائية : وذلك بامكان النباتات وتغطية سطح الصوامع جيدا، وذلك لكي تمنع الفطريات من النمو . وكذا إضافة كمية مناسبة من الماء لكي تملأ المسافات البينية بين النباتات . ومن الجدير بالذكر أن درجة حرارة الصوامع تعطينا فكرة عن ذلك، فإذا كان الوسط لاهوائى فلا ترتفع درجة الحرارة عن ٨٠ - ٩٠° ف . ولكن إذا كان هناك هواء يتسرب إلى الصومعة فإن درجة الحرارة ترتفع عن ١٠٠° ف وتسبب خسارة كبيرة فى الوزن الجاف ، علاوة على التخمرات الغير مرغوب فيها .

٣ - زيادة الرطوبة : إذا كان هناك كمية زائدة من الرطوبة فإن الميكروبات التابعة لجنس *Clostridium* تنمو وتحلل البروتينات، وتسبب خسائر اقتصادية بالسيلاج . ويمكن تلافي ذلك بصرف الماء الزائد ، ولكن الصرف السريع يسبب خسارة المواد الغذائية، كما يسبب دخول الأوكسجين مما يردى إلى نمو الفطريات بالسيلاج . لذلك يجب إضافة مواد تمتص الرطوبة مثل القش .

المراجع العربية المختارة

- ١ - دكتور احمد رياض : السماد من قمامة المدن . الكتاب السنوى للجمعية الكيميائية المصرية ، القاهرة ، ١٩٤١ - ١٩٤٢
- ٢ - دكتور احمد رياض : نظرات في النواحي العامة والتطبيقية للتسميد العضوى والازوتى فى مصر . الكتاب الثانى ، ١٩٥٨ للجمعية المصرية لعلوم الاراضى ، الاسمدة والتسميد فى مصر ، ٤ - ٦ يناير سنة ١٩٥٩
- ٣ - دكتور صلاح الدين محمود طه ، دكتور سعد على زكى محمود ، محمد الصاوى مبارك : التفيرات الميكروبيولوجية التى تحدث فى الاراضى المستصلحة بمديرية التحرير . الكتاب الثانى ، ١٩٥٨ للجمعية المصرية لعلوم الاراضى « الاسمدة والتسميد فى مصر » ، ٤ - ٦ يناير سنة ١٩٥٩
- ٤ - دكتور عبد العظيم الدماطى . محمد الصاوى مبارك : تاثير التسميد العضوى على اراضى وبعض محاصيل بمديرية التحرير . الكتاب الثانى ، ١٩٥٨ للجمعية المصرية لعلوم الاراضى « الاسمدة والتسميد فى مصر » ، ٤ - ٦ يناير سنة ١٩٥٩
- ٥ - دكتور فتح الله علام : الكيمياء الزراعية -- مكنة النهضة المصرية ، القاهرة . الطبعة الثالثة . ١٩٤٣
- ٦ - دكتور محمد فهمى : تسميت الازوت الجوى فى التربة البقولية بواسطة بكتريا العقد الجذرية . العلوم الزراعية - المجلد الثامن - العدد الاول - يونيو ١٩٥٥ كلية الزراعة - جامعة القاهرة
- ٧ - محمد ابو الفضل محمد : المحاصيل العضوية وعلاقتها بمسروعات الانتاج الزراعى . الكتاب السنوى السادس والعشرين للمجمع المصرى لشقاقة العلمية . القاهرة . ١٩٥٦
- ٨ - محمد ابو الفضل محمد : الخطوط الرئيسية لنهوض الانتاج الاسمدة العضوية ، الكتاب الثانى . ١٩٥٨ للجمعية المصرية لعلوم الاراضى « الاسمدة والتسميد فى مصر » ، ٤ - ٦ يناير سنة ١٩٥٩
- ٩ - محمد ابو الفضل محمد : الاسمدة العضوية وتصنيع المخلفات النباتية والحيوانية . كتاب - الطبعة الاولى . القاهرة ، ١٩٦٠

١. — قسم الميكروبيولوجيا بوزارة الزراعة ، الاسمدة العضوية وأهميتها
— العجالة رقم ١١١ ، القاهرة ، ١٩٥٦ ، ١٩٥٨
٢. — قسم الكيمياء بوزارة الزراعة ، تعليمات لتحويل المخلفات النباتية
الناجمة من الحقل أو الحديقة الى سماد بلدنى صناعى . العجالة
رقم ١٠٥ . القاهرة ، ١٩٥٦

SELECTED REFERENCES

General References :

- Allen, O.N. (1950): Experiments in soil Bacteriology, Burgess Publishing Co.
- Dowson, W.J. (1949): Manual of Bacterial Plant Disease Adam and Charles Black, London.
- Gibson, T. (1951): Recent Progress in Soil Bacteriology. World Craps, **3**, No. 4.
- Frobisher, M. (1949): Fundamentals of Bacteriology, Fourth Edition, W.B. Saunders Co., Philadelphia and London.
- Gracie, D.S. & Khalil, F. (1939): The quantity distribution and composition of organic matter and available nitrogen in Egyptian soils, Min. Agr. Tech. Bull. No. 222.
- Prescott, J.A. (a) (1918): Nitrification in Egyptian Soils, Agr. Sci., **9**: 216-236.
- Prescott, J.A. & Piper, G.R. (1930): Nitrate fluctuations in a South Australian Soil, J. Agr. Sci., **20**: 517-531.
- Prescott, S.C. & Dunn, (1949): Industrial Microbiology. Second **ed.** McGraw-Hill Book.
- Russell, E.L. (1950): Soil Condition and Plant Growth, Eight **ed.** Longmans, Green and Co., London - New York Toronto.
- Stiles, W.P., Frazier, W.C., Wilson, J.B. & Knight, S.G. (1951): Microbiology General and applied, Harper and Brothers.
- Selim, M., Abd-El-Malek, Y. & Rizk, S.G. (1956): Effect of drying "Sharaqi" and irrigation on changes of soil nitrogen Faculty of Agr., Cairo University, Bull. No. **74**.
- Stephenson, M. (1949): Bacterial Metabolism, Third **Ed.** Longmans, Green & Co., London, New York, Toronto.
- Thimann, K.V. (1955): The life of Bacteria. The Macmillan Co.
- Gaughran, E.R.L. (1947): The Thermophilic Microorganisms Bact. Revs. Vol. 11, p. 189.
- Campbell, L.L., Frank, H.A. and Hall, E.R. (1957): Studies on thermophilic sulphate-reducing bacteria. Identification of sporovibrio desulphuricans and Cl. nigrificans. J. Bact. **73**, 516.
- Jensen, H.L. (1960): Course of lectures given at the National Research Centre Cairo, Egypt, U.A.R.

- Waksman, S.A. (1927): *Principles of Soil Microbiology*,
Williams & Wilkins Co., Baltimore 1st Edition,
2nd Edition 1932.
- Waksman, S.A. (1950): *The Actinomycetes*,
Chronica Botanica Co., Waltham, Mass.
- Waksman, S.A. & Starkey, R.L. (1950): *The Soil & the
Microbes*, John Wiley and Sons, Inc., London, Chapman
& Hall, Ltd.
- Waksman, S.A. (1952): *Soil Microbiology*, John Wiley and
Sons, Inc., New York, Chapman and Hall Ltd., London.
- Steiner, R.Y., Doudroff, M. & Adelberg, E.A. (1958):
General Microbiology, Macmillan & Co., London.
- Smith, N.R. (1948): *Ann. Rev. Microb.* **2**, p. 453.
- Lochhead, A.G. (1952): *Ann. Rev. Microb.* **6**, p. 185.
- Swaby, R.J. (1949): *J. Gen. Microbiology* **3**, p. 236.
- Gerretson, F.C. (1948): *Plant and Soil* **1**, p. 51.
- Davis, J.F. (1944): *J. Am. Soc. Agron.* **36**, p. 869.
- Collins, (1944): *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **8**, p. 221.
- Timonin, M.I. (1946): *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **11**, p. 284.
- Gutter, Crump and Sandon (1922): *Phil. Trans. Roy. Soc.*
B. 211, p. 317.
- Gerretson, F.C. (1950): *Trans. 4th Intern. Congr. Soil Sci.*
2, p. 114.
- Lockhead, A.G. (1926): *Soil Sci.* **21**, p. 225.
- Jones and Mollison (1948): *J. Gen. Microbiol.* **2**, p. 54.
- Skinner, Jones and Mollison (1952): *J. Gen. Microbiol.*
6, p. 261.
- Winogradsky, S. (1924): *Ann. Inst. Pasteur* **39**, p. 299.
- Rossi, G. (1921): *Soil Sci.* **12**, p. 409.
- Gray and Thornton (1934): *Proc. Roy. Soc. B.* **115**, p. 522.
- Lochhead and Thexton (1952, a): *Nature*, **170**, p. 283.
- Lochhead and Thexton (1952, b): *J. Bact.* **63**, p. 219.
- Taylor, C.B. (1951): *Proc. Soc. appl. Bact.* **14**, p. 101.
- Thornton, H.G. (1922): *Ann. appl. Biol.* **9**, p. 241.
- Dawson and Dawson (1946): *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*,
11, p. 268.
- Martin, J.P. (1950): *Soil Sci.* **69**, p. 215.
- Wareup, J.H. (1950): *Nature* **166**, p. 177.
- Winogradsky, S.H. (1933): *Ann. Inst. Past.* **50**, p. 350.
- Pelczar, M.J. and Reid, R.D. (1958): *Microbiology*,
McGraw-Hill Book Co.

Special References :

Nitrification

- Quastel and Scholefield (1951); *Bact. Rev.* **15**, p. 1 (Review).
Meiklejohn, J. (1953); *J. of Soil Science*, **4**, p. 59 (Review).
Meiklejohn, (1950); *J. Gen. Microbiol.* **4**, p. 185.
Taylor, C.B. (1950); *J. Gen. Microbiol.* **4**, p. 235.
Smith, W.K. (1951); *Proc. Soc. appl. Bact.* **14**, p. 139.
Lees, H. (1951); *Nature* **167**, p. 365.
Lees, H. (1952); *Bioch. J.* **52**, p. 134.
Jeffrey and Smith (1951); *Proc. Soc. appl. Bact.* **14**, p. 169.
Jensen, H.L. (1950); *Nature* **165**, p. 974.
Winogradsky (1931-37); See "Microbiologie du sol", Paris
Fisher, Fisher and Appleman (1952); *J. Bact.* **64**, p. 596.
Hofman and Lees (1952); *Bioch. J.* **52**, p. 140.
Halvorson and Caldwell (1949); *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*
13, p. 258.
Stephenson, M. (1949); *Bacterial Metabolism*, London.
Quastel and Lees (1946); *Bioch. J.* **40**, p. 824.
Quastel and Schofield (1949); *Nature* **164**, p. 1068.
Lees, H. (1952); *Nature* **169**, p. 156.
Meiklejohn, J. (1953, b); *J. Gen. Microbiol.* **8**, p. 58.
Meiklejohn, J. (1952); *Nature* **170**, p. 1131.
Dhar and Mukerji (1941); *Ann. Agronomie* **11**, p. 87.
Lees and Quastel (1946, a); *Bioch. J.* **40**, p. 815.
Lees and Quastel (1946, b); *Bioch. J.* **40**, p. 803.
Jensen, H.L. (1951); *J. Gen. Microbiol.* **5**, p. 360.
Quastel, Scholefield and Stevenson (1952); *Bioch. J.*
51, p. 278.
Gerretson, F.C. (1950); *Trans. 4th Intern. Congr. Soil Sci.*
2, p. 114.

Nitrogen fixation :

- Virtanen, A.I. (1948); *Ann. Rev. Microbiol.* **2**, p. 485
(Review).
Jensen, H.L. (1950); *Trans. 4th Intern. Congr. Soil Sci.*
1, p. 165 (Review).
Allen and Allen (1950); *Bact. Rev.* **14**, p. 273 (Review).
Wilson and Burris (1947); *Bact. Rev.* **11**, p. 41 (Review).
Dhar, N.R. (1947); *Nature* **159**, p. 65.
Rosenblum and Wilson (1949); *J. Bact.* **57**, p. 113.
Guest and Kamen (1949); *J. Bact.* **58**, p. 239.
Lindstrom, Burris and Wilson (1949); *J. Bact.* **58**, p. 373.

- Lindstrom, Burris and Wilson (1950); *Science* **112**, p. 197.
 Lindstrom, Burris and Wilson (1951); *J. Bact.* **61**, p. 481.
 Sisler and Zobel (1951); *Science* **113**, p. 511.
 Starkey and De (1939); *Soil Sci.* **47**, p. 329.
 Stapp, C. (1940); *Zentr. Bakt. Parasitenk. II*, **102**, p. 1.
 Tchan, Y.T. (1952); *Proc. Linn. Soc. N.S.W.* **77**, p. 92.
 Gray and Smith (1950); *J. Gen. Microbiol.* **4**, p. 281.
 De and Sulaiman (1950); *Soil Sci.* **70**, p. 137.
 Willis and Green (1948); *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **13**, p. 299.
 Rosembaum and Wilson (1950); *J. Bact.* **59**, p. 83.
 Gonick and Reuszer (1948); *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **13**, p. 251.
 Horner and Allison (1944); *J. Bact.* **47**, p. 1.
 Greene, R.A. (1935); *Soil Sci.* **39**, p. 327.
 Hurvey and Greaves (1941); *Soil Sci.* **51**, p. 85.
 Richards, E.H. (1939); *J. Agric. Sci.* **29**, p. 302.
 Jensen, H.L. (1940); *Proc. Linn. Soc. N.S.W.* **65**, p. 543.
 Lind and Wilson (1942); *Soil Sci.* **54**, p. 105.
 Timonin, M.I. (1948); *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* **13**, p. 246.
 Clark, F.E. (1948); *Soil Sci.* **65**, p. 193.
 Gainey, P.L. (1949); *J. Agric. Res.* **78**, p. 405.
 Allison et al (1947); *Soil Sci.* **64**, p. 489.
 Davis, J.F. (1944); *J. Amer. Soc. Agron.* **36**, p. 869.
 Norman, A.G. (1944); *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **8**, p. 226.
 Collins, W.O. (1944); *Ibid.* p. 221.
 Erdman, L.W. (1944); *Ibid.* p. 213.
 Thornton, H.G. (1949); *Agric. Progress*, **24**, Part II.
 Nutman, P.S. (1952); *Proc. Roy. Soc. B.* **139**, p. 176.
 Chen et al (1940); *Proc. Roy. Soc. B.* **129**, p. 475.
 Spencer, D. (1950); *Aust. J. Agric. Sci.* **1**, p. 374.
 Ash and Allen (1950); *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **13**, p. 279.
 Lipman and Fowler (1915); *Science*, **41**, p. 256.
 Vogel and Zipfel (1921); *Cent. Bakt. II*, **54**, p. 13.
 Wilson, J.K. (1926); *J. Amer. Soc. Agron.* **18**, p. 911.
 Bisset, K.A. (1952); *J. Gen. Microbiol.* **7**, p. 233.
 Klimmer and Kruger (1922); *Cent. Bakt. II*, **55**, p. 281.
 Vincent, J.M. (1941); *Proc. Linn. Soc. N.S.W.* **66**, p. 145.
 Vincent, J.M. (1942); *Ibid.* **67**, p. 82.
 Kleczkowski and Thornton (1944); *J. Bact.* **48**, p. 661.
 Thornton and Kleczkowski (1950); *Nature* **166**, p. 1118.
 Nutman, P.S. (1946); *J. Bact.* **51**, p. 411.
 Hofer, A.W. (1945); *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **10**, p. 202.

- Chen and Thornton (1940); *Proc. Roy. Soc. B.* **129**, p. 208.
 Chen et al (1940); *Ibid.* p. 475.
 Nutman, P.S. (1946); *Nature* **157**, p. 463.
 Virtanen, A.I. (1945); *Nature* **155**, p. 747.
 Keilin, D. (1945); *Ibid.* p. 227.
 Keilin D. (1948); *Nature* **159**, p. 692.
 Wilson, J.K. (1939); *J. Am. Soc. Agron.* **31**, p. 159.
 Appleman and Sears (1942); *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*
7, p. 263.
 Wilson, J.K. (1944); *Soil Sci.* **58**, p. 61.
 Demolon and Dunez (1936); *Ann. Agronomie* **6**, p. 434.
 Vandecaveye and Katznelson (1936); *J. Bact.* **31**, p. 465.
 Vandecaveye and Fuller (1940); *Soil Sci.* **50**, p. 15.
 Katznelson and Wilson (1941); *Soil Sci.* **51**, p. 59.
 Vandecaveye and Moodie (1944); *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*
8, p. 241.
 Kleczkowski and Kleczkowski (1953); *J. Gen. Microbiol.*
8, p. 135.
 Stephenson, M. (1949); "Bacterial Metabolism" London and
 New York.
 Virtanen and Laine (1938); *Nature* **141**, p. 748.
 Jensen, H.L. (1954); *The Azotobacteriaceae*, *Bact. Rev.*
18, p. 195.
 Roy, A.B. and Mukherjee, M.K. (1957); A new type of
 nitrogen-fixing bacterium, *Nature*, Vol. 180, p. 236.
 Roy, A.B. (1958); A new species of *Azotobacter* producing
 heavy slime and acid. *Nature*, Vol. 182, p. 120-121.
 Lotfi, M. and Fahmy, M. (1958); *Agric. Res. Rev. Ministry*
of Agric. Cairo, Vol. 36, p. 325.

Soil Aggregation :

- Swaby, R.J. (1949); See above.
 Swaby, R.J. (1950); *J. Soil Sci.* **1**, p. 182.
 Geoghegan, M.J. (1950); *Trans. 4th Intern. Congr. Soil Sci.*
1, p. 198.

The Rhizosphere :

- Clark, F.E. (1949); *Advances in Agronomy* **1**, p. 241.
 Katznelson, Lochhead and Timonin (1949); *Bot. Rev.*
14, p. 543.
 Porter, C.L. (1944); *Amer. Jour. of Bot.* **XI**, 3.
 Christensen, J.J. and Davis, F.R. (1940); *Phytopath.* **30**.

Starkey, R.L. (1958); Bacteriological Rev. **22**, p. 154.

Naim, M.S., Mahmoud, S.A.Z. and Hussein (1957);

Ain Shams Science Bulletin No. **2**, p. 65.

Montasir, A.H., Mostafa, M.A. and Elwan, S.A. (1958);

Ain Shams Science Bulletin No. **3**, p. 83.

Louw, H.A. and Webley, D.M. (1959); J. appl. Bact. **22**, p. 216.

Louw, H.A. and Webley, D.M. (1959); J. appl. Bact. **22**, p. 227.

Elwan, S.H. and Mahmoud (1960); Archiv Für Microbiologie
36, p. 360-364.

Kadry, A., Mahmoud, S.A.Z. and Salama, S.
under publication.

Soil Microbiological Equilibrium :

See Gen. Ref. Waksman, (1931) and Waksman, (1952).

Meiklejohn, J. (1932); Ann. appl. Biol. **19**, p. 584.

Soil growth factors :

Taylor, C.B. (1951); Nature **168**, p. 115.

Lochhead and Thexton (1952); J. Bact. **63**, p. 219.

Burton and Lochhead (1953); Can. J. Bot. **31**, p. 145.

Antibiotics in soils :

Brain et al (1951); Nature **167**, p. 347.

Pramer and Starkey (1951); Science **113**, p. 127.

صواب الخطأ

الصواب	الخطأ	السطر	الصفحة
Beijernick	Bejerinck	١٥	١٠
الحامض	الحامض	١٦	٢٠
Propionibacterium	Propionibacterium	٩	٣٩
الأكثينوميسيس	الأكثينوميسيس	٢٠	٤٩
لا تكثر من	تكثر من	٩	٦٥
Az. agilis	Arta. agilis	٣	٧٠
أ	أ	١٦	٨٠
Durham	Durhan	١٤	٨٥
عبارة عن	عبارة على	٨	١١٠
الجليسول	الجليسول	٩	١٣٢
كلوستريديا	كاستريديا	١٧	١٣٤
living organisms	living in organisms	٣	١٣٥
٢١٤٠٠	٢١٣٠٠	٢٢	١٣٩
الازوتوبكتريا	الازوتوبكتريا	١٣	١٤٦
هذا ما قد	هذا وقد	١١	١٥٠
(ك بد ١)	(ك بد ١)	٥	١٨٤
الملونة بالميكروبات	الملونة بالميكروبات	٥	١٨٦
	هـ	٣	١٩٢
Fungi	Fugni	٢٠	٢١٤
بلدى عادى عن العجالة إصدار	بلدى وعادى عن العملية اصار	٦٠٥	٢٢٦
للبناء	للسمالة	٨	٢٢٧
توكسينات	تكوسينات	١٩	٢٦٢
السليجة	السليجة	٣	٢٨٢
وجود	وجوه	١٥٤	٢٨٦